

図 3.8-2(3) 解析ケース① 基準地震動 S s - D 2 (++) に対するせん断強度の応力分布図

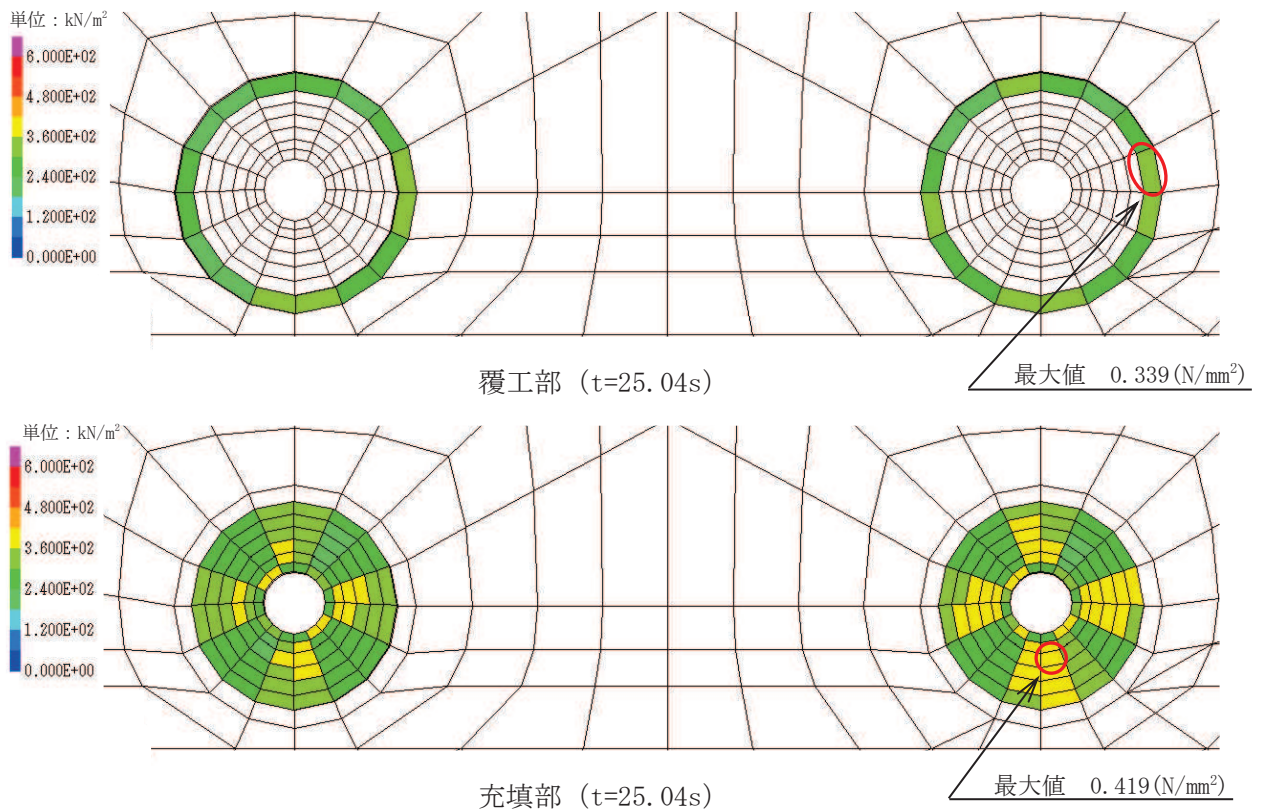


図 3.8-2(4) 解析ケース① 基準地震動 S s - D 2 (-+) に対するせん断強度の応力分布図

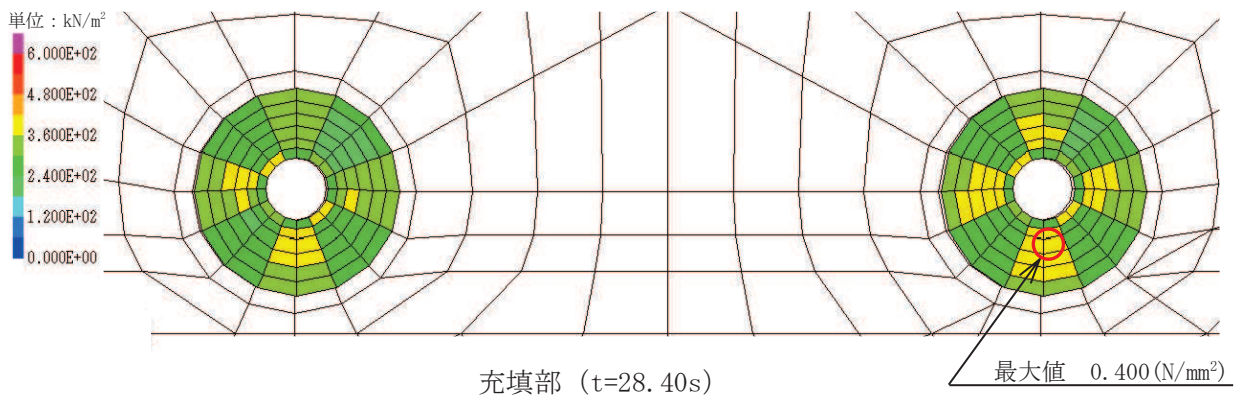
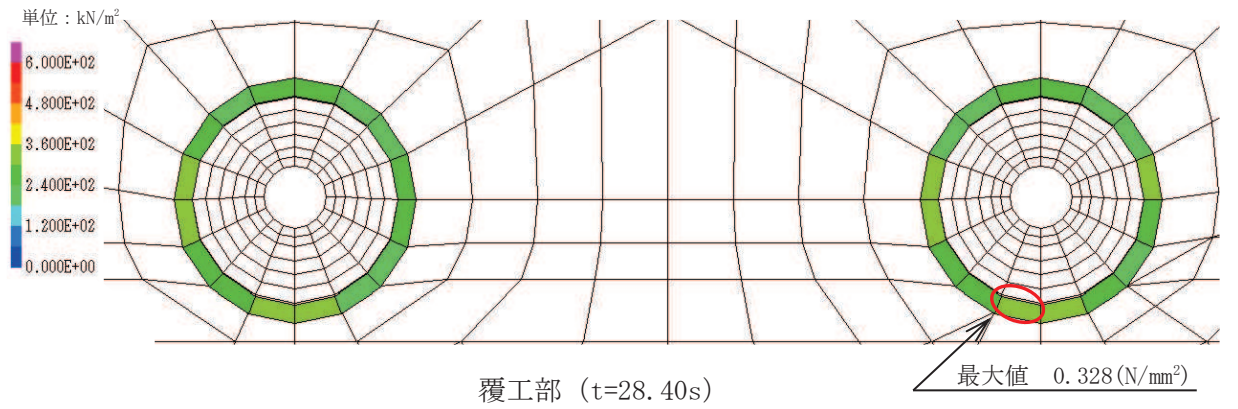


図 3.8-2(5) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - D3 (+)$ に対するせん断強度の応力分布図

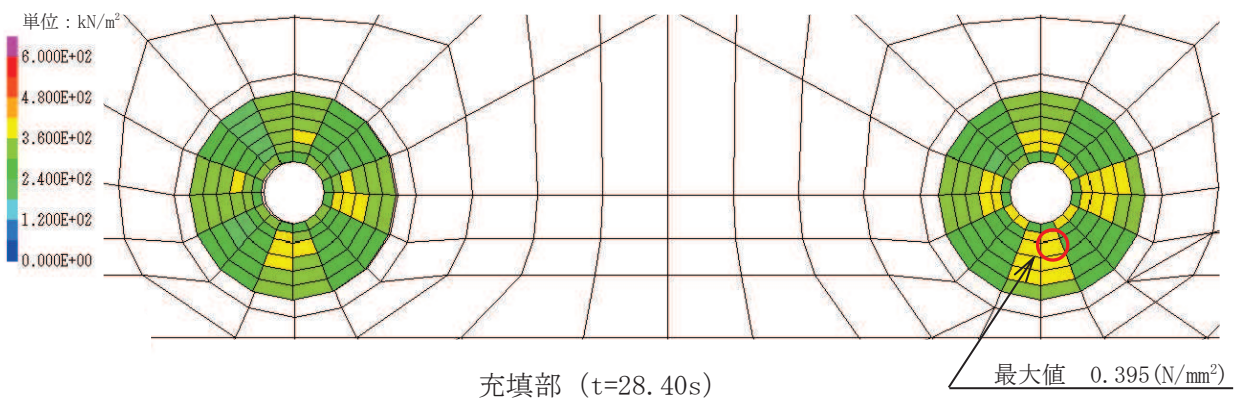
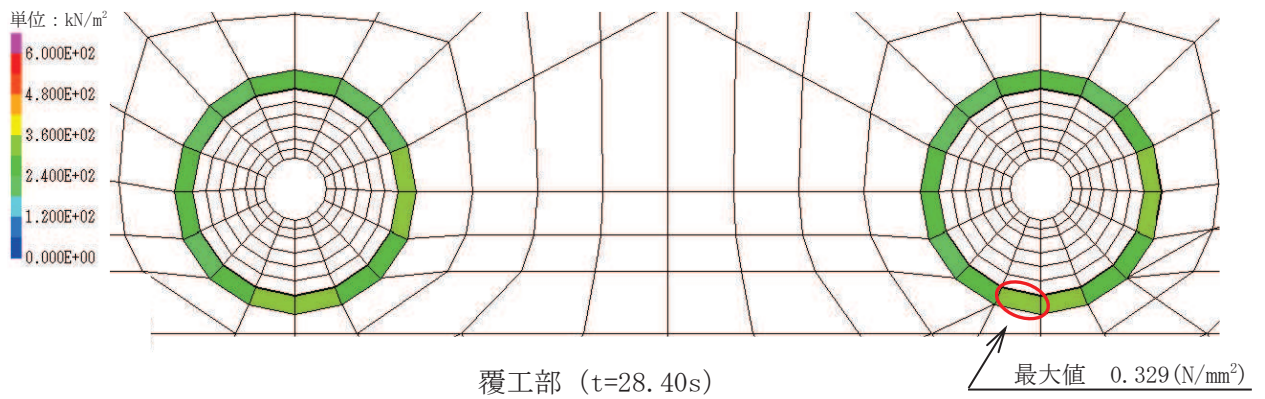


図 3.8-2(6) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - D3 (-)$ に対するせん断強度の応力分布図

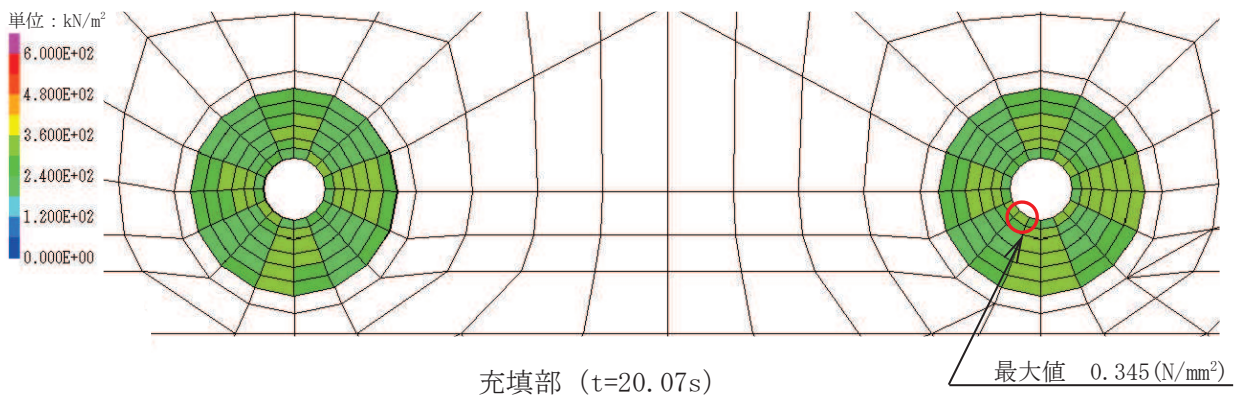
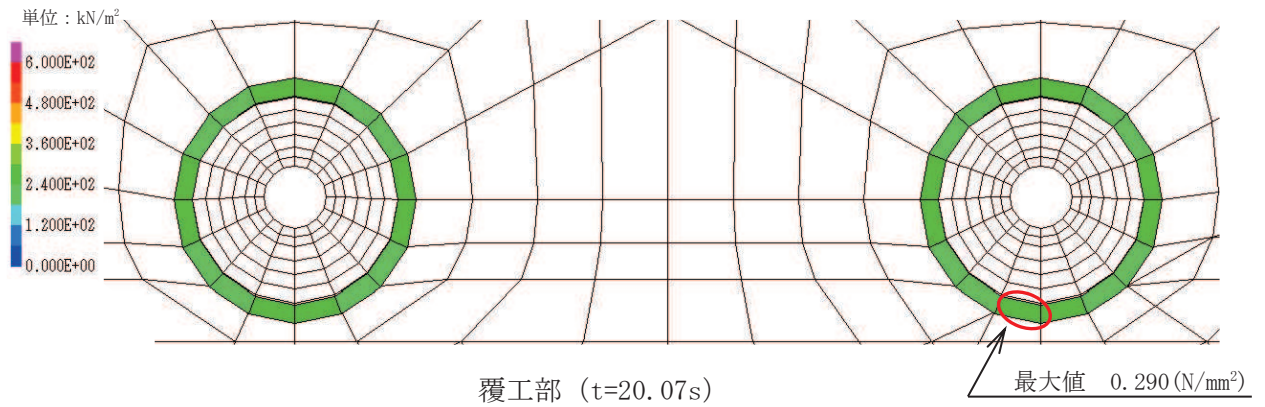


図 3.8-2(7) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - F1 (+)$ に対するせん断強度の応力分布図

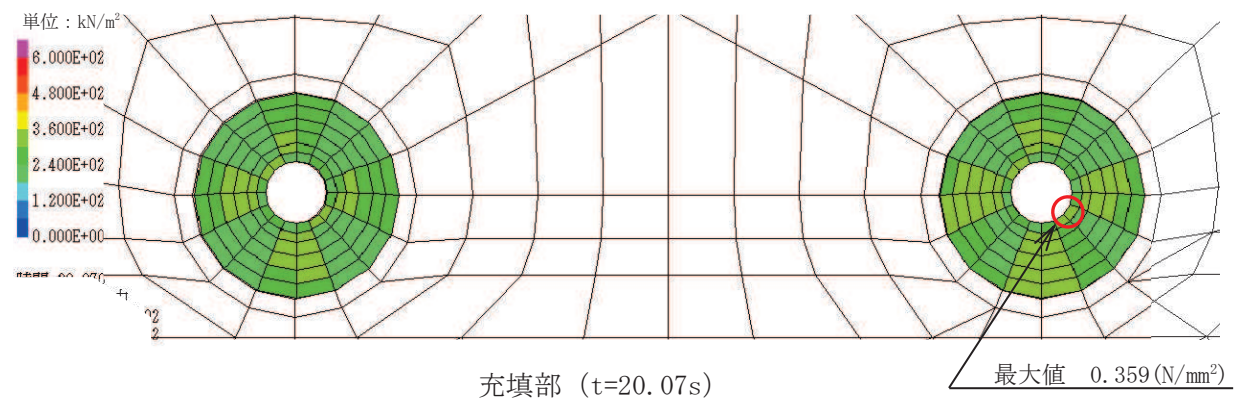
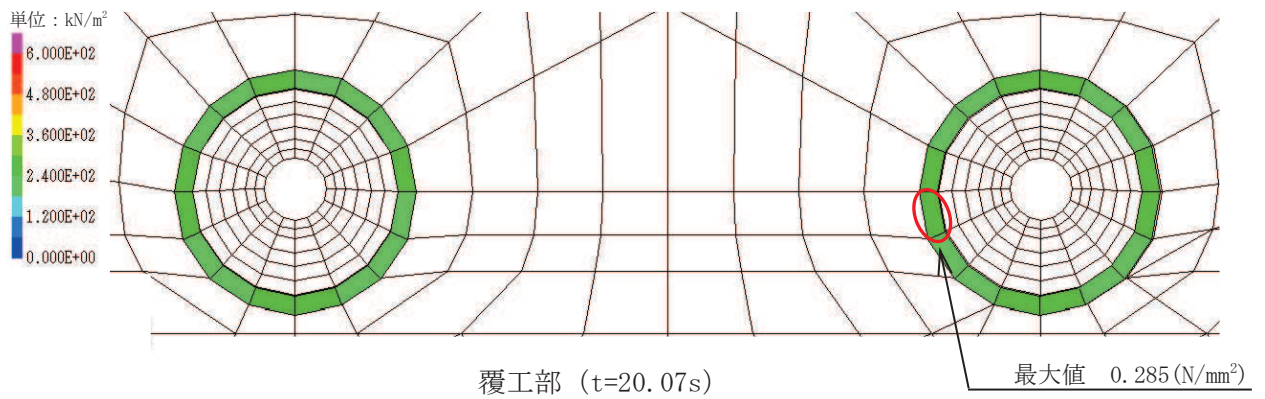


図 3.8-2(8) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - F1 (-)$ に対するせん断強度の応力分布図

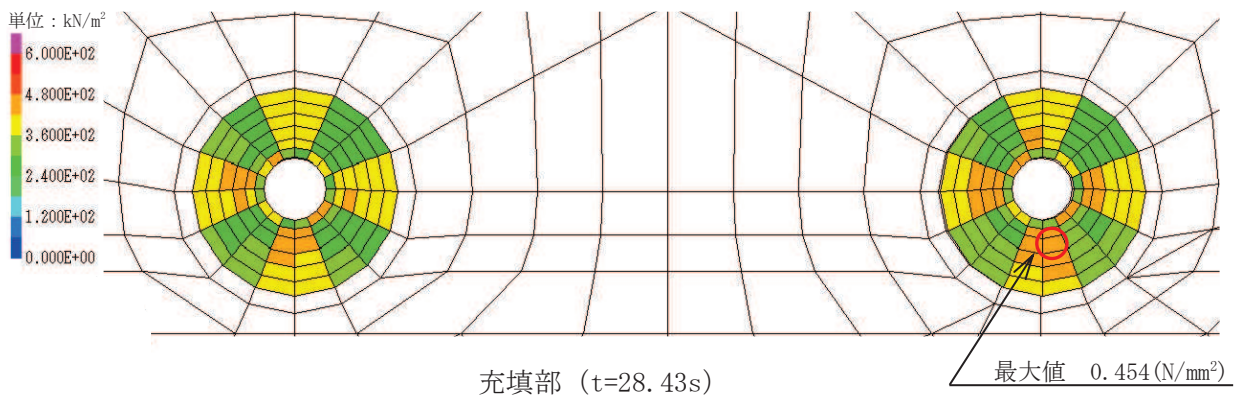
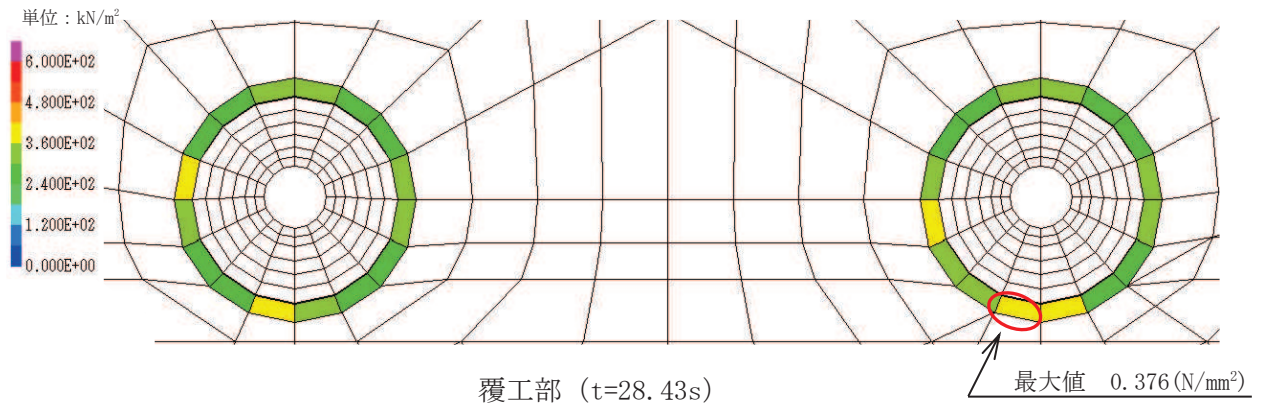


図 3.8-2(9) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - F_2 (+ +)$ に対するせん断強度の応力分布図

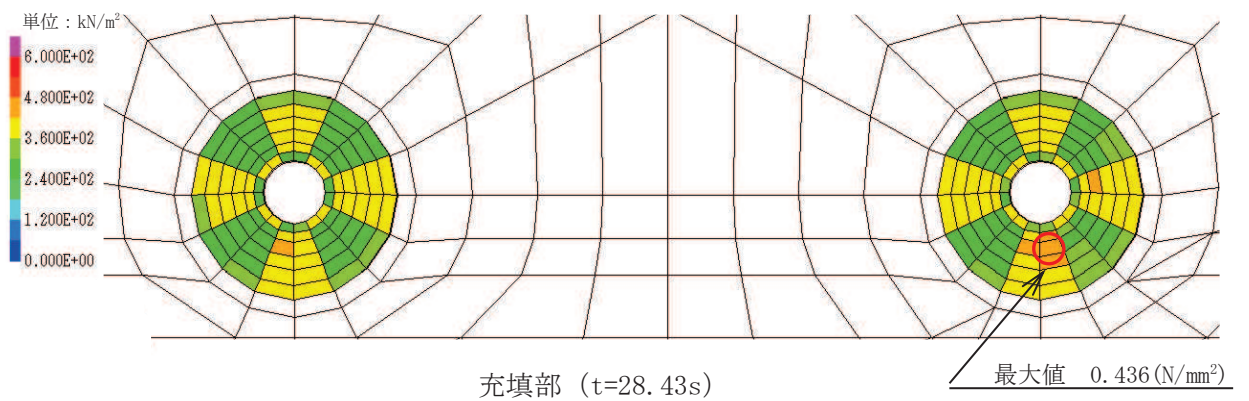
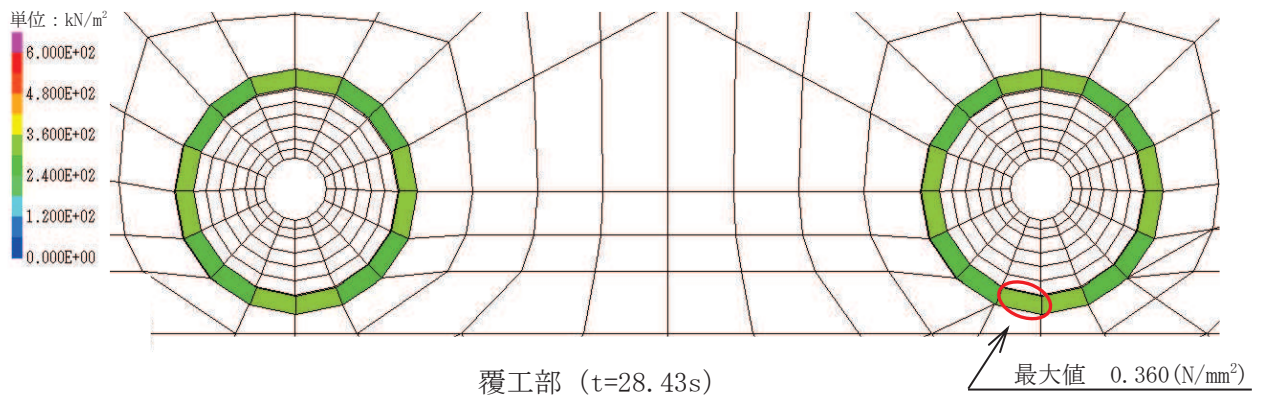


図 3.8-2(10) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - F_2 (- +)$ に対するせん断強度の応力分布図

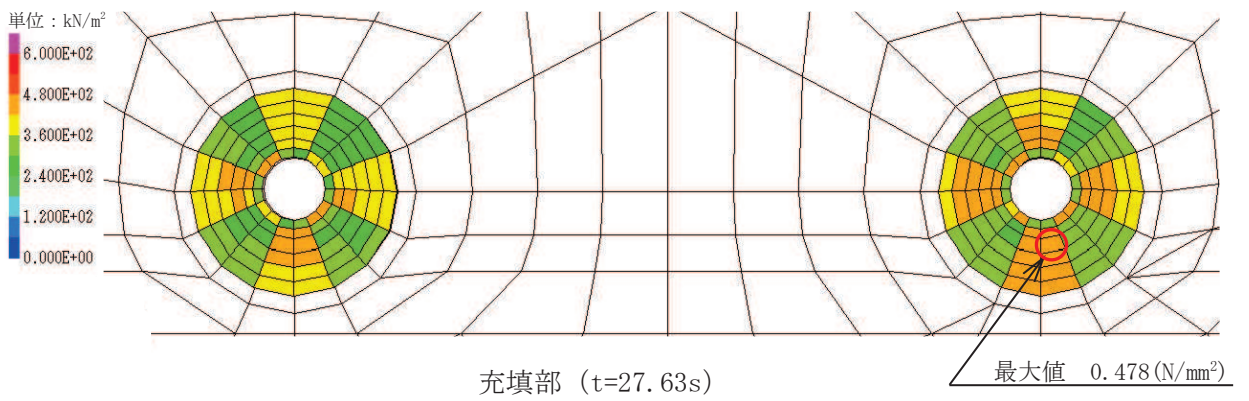
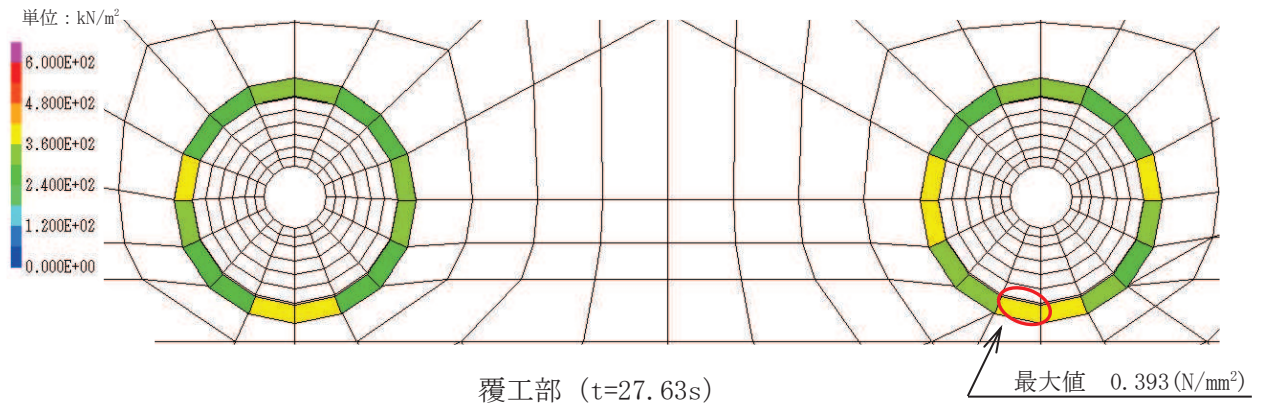


図 3.8-2(11) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - F3 (+ +)$ に対するせん断強度の応力分布図

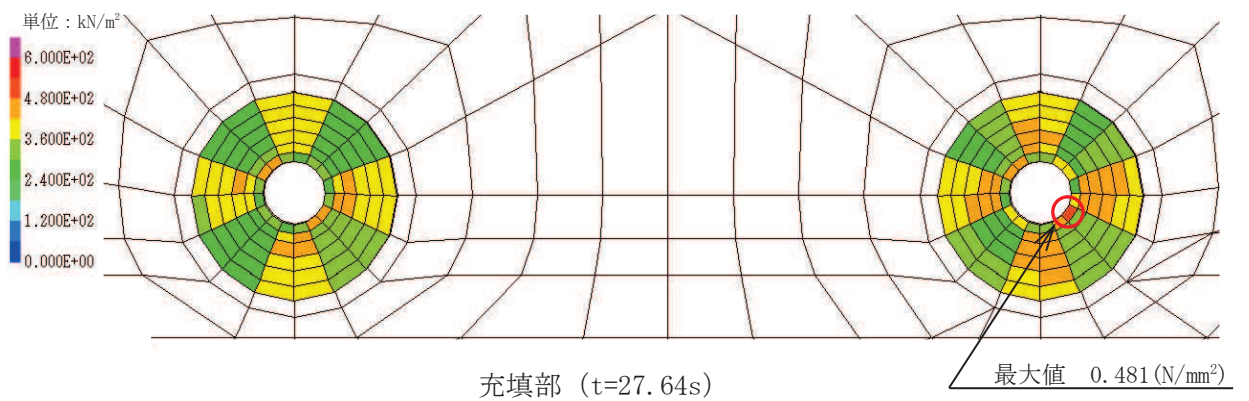
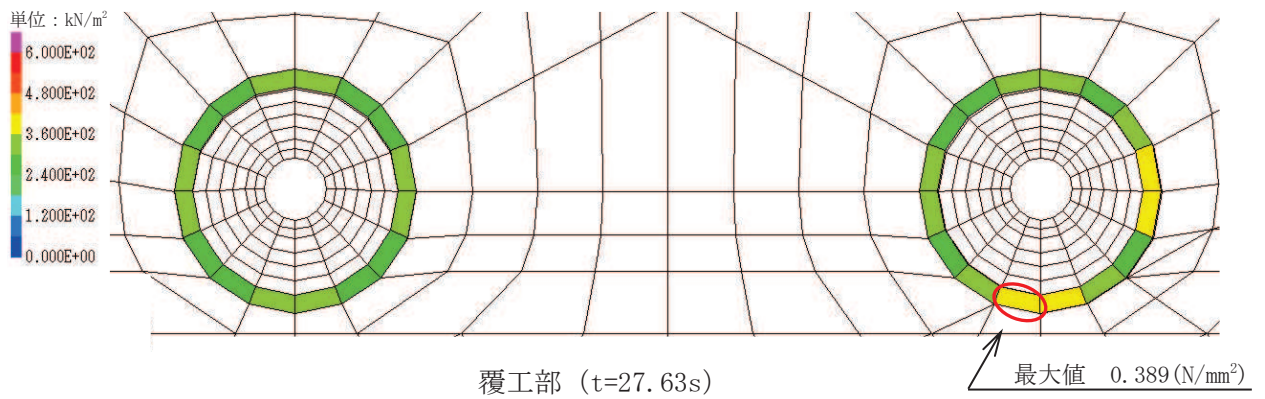


図 3.8-2(12) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - F3 (- +)$ に対するせん断強度の応力分布図

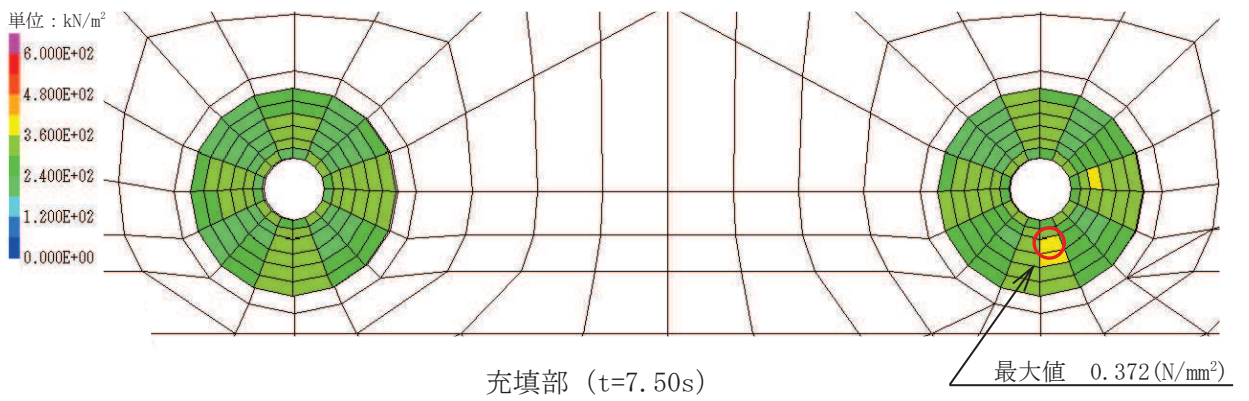
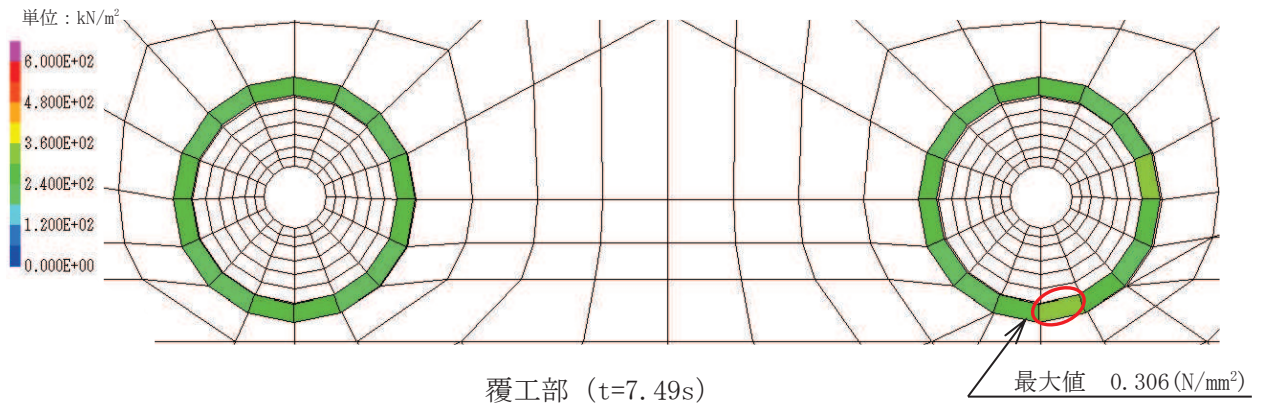


図 3.8-2(13) 解析ケース① 基準地震動 S s - N 1 (++) に対するせん断強度の応力分布図

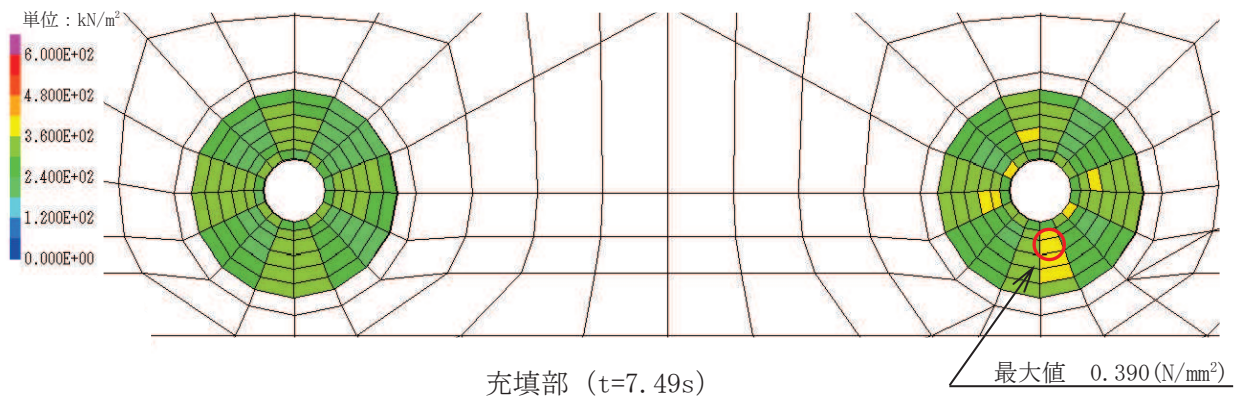
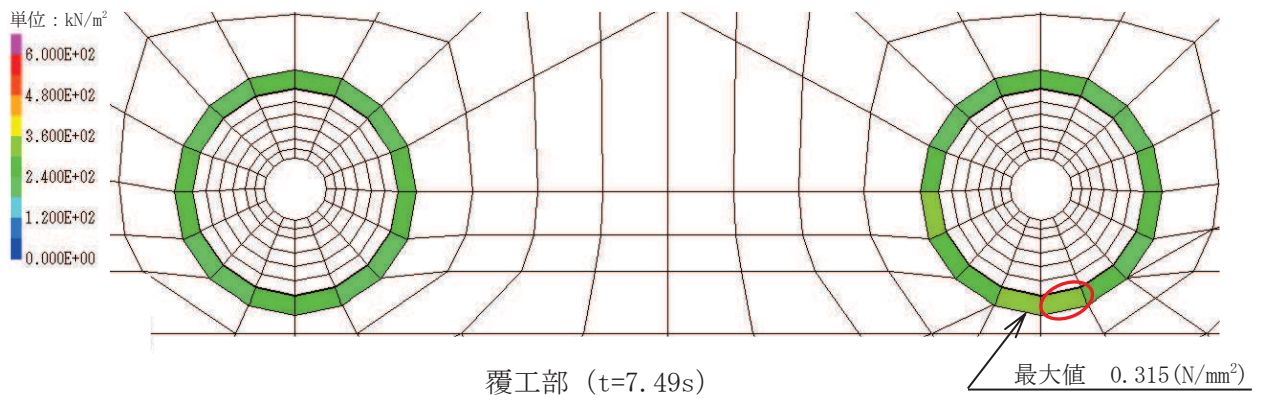


図 3.8-2(14) 解析ケース① 基準地震動 S s - N 1 (-+) に対するせん断強度の応力分布図

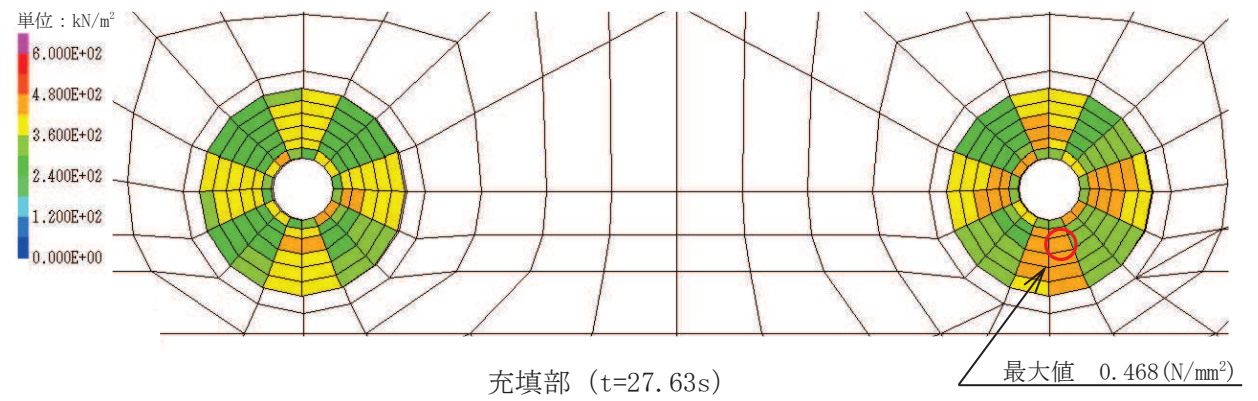
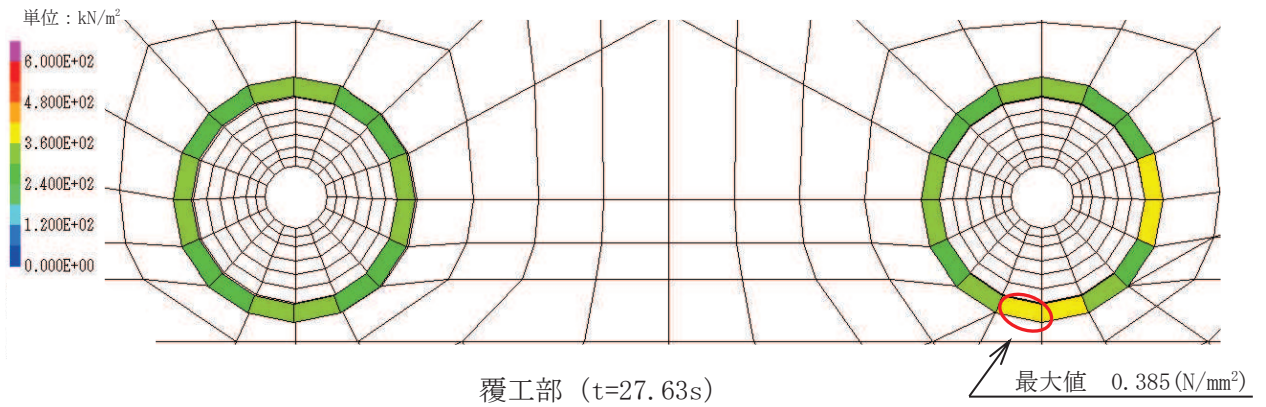


図 3.8-2(15) 解析ケース② 基準地震動 $S_s - F3 (-+)$ に対するせん断強度の応力分布図

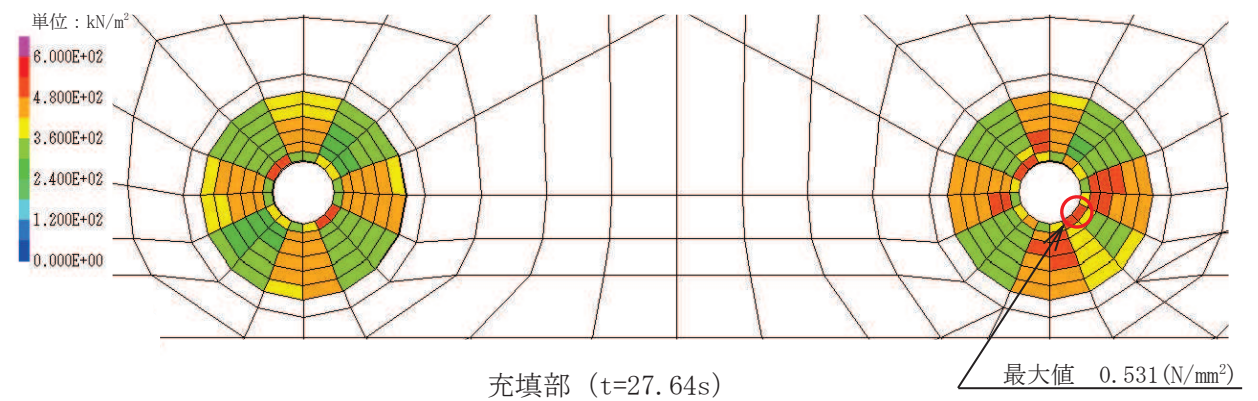
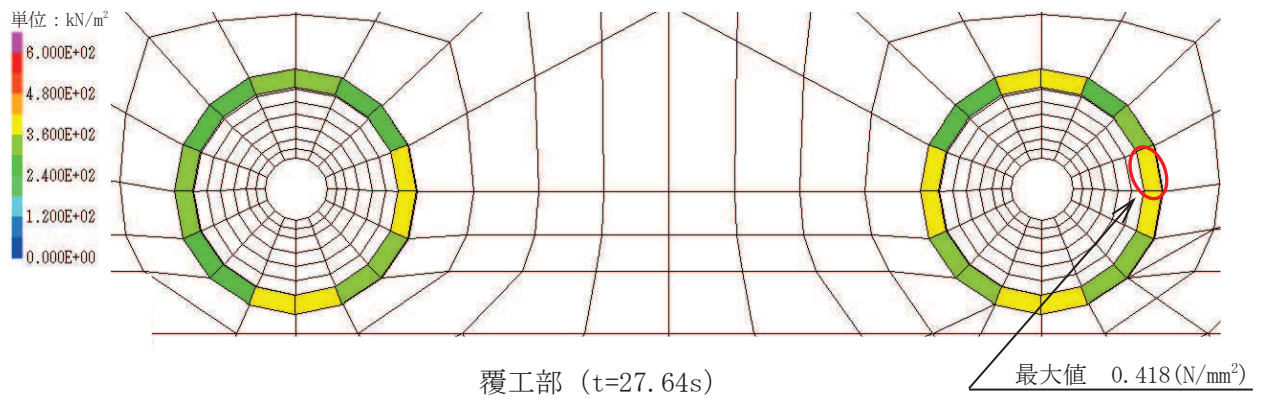


図 3.8-2(16) 解析ケース③ 基準地震動 $S_s - F3 (-+)$ に対するせん断強度の応力分布図

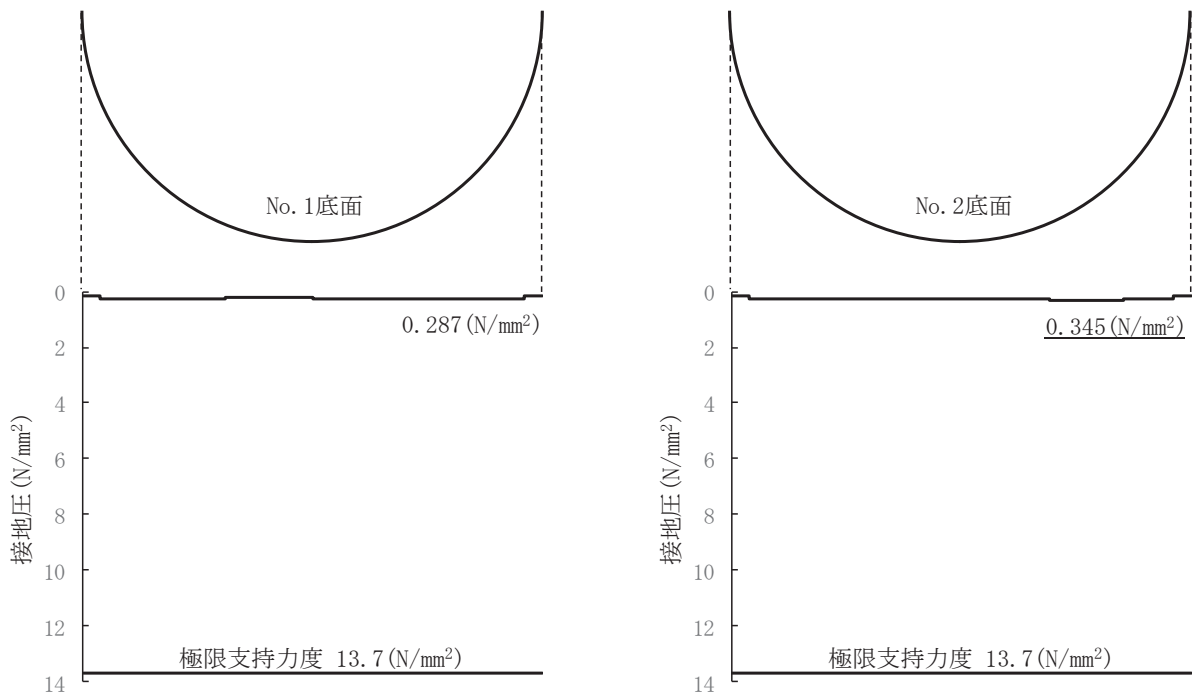


図 3.8-3(1) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - D1$ (++) に対する設置圧の分布図

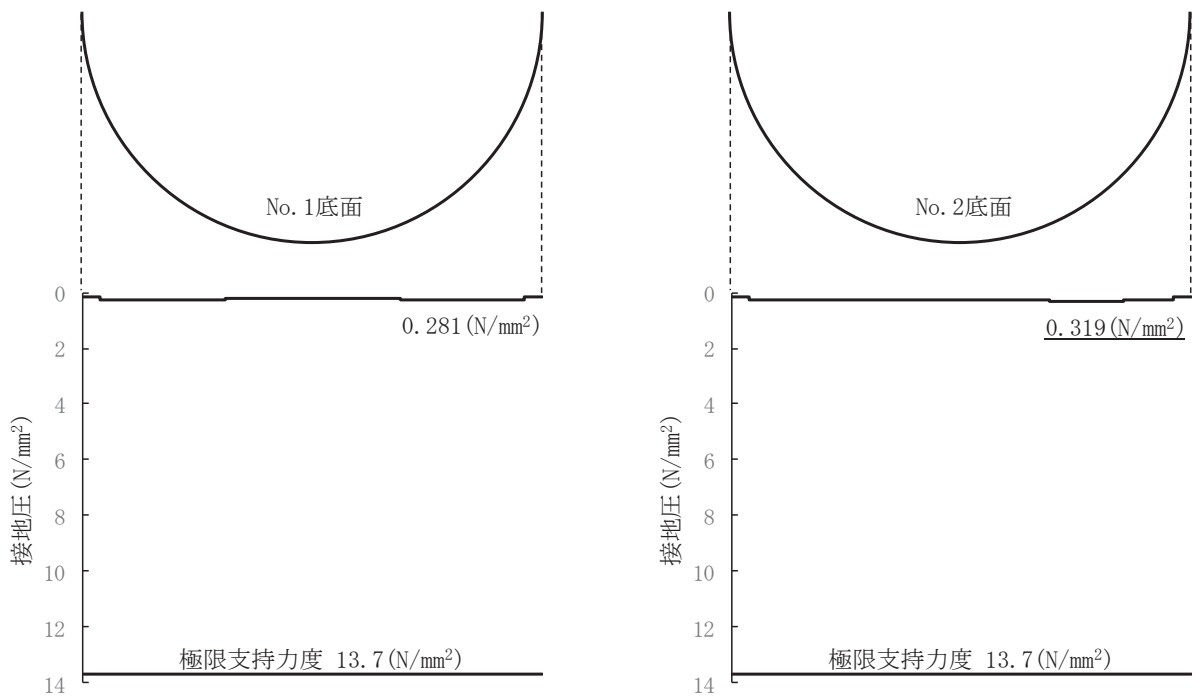


図 3.8-3(2) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - D1$ (-+) に対する設置圧の分布図

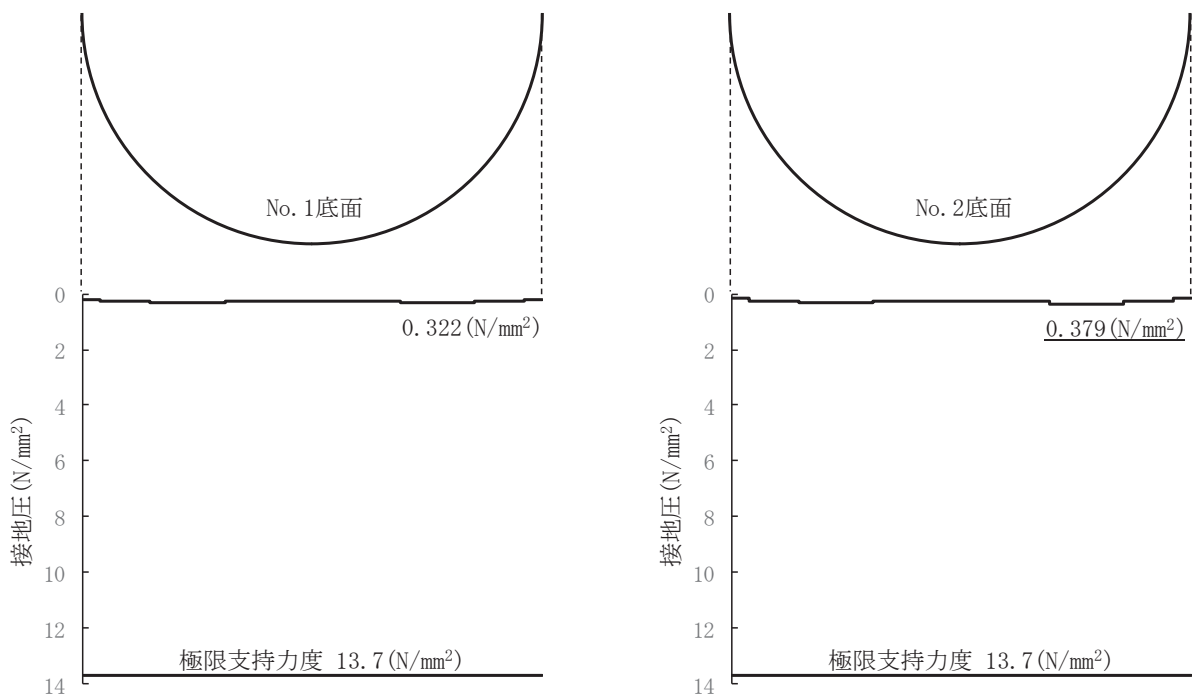


図 3.8-3(3) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - D2 (+ +)$ に対する設置圧の分布図

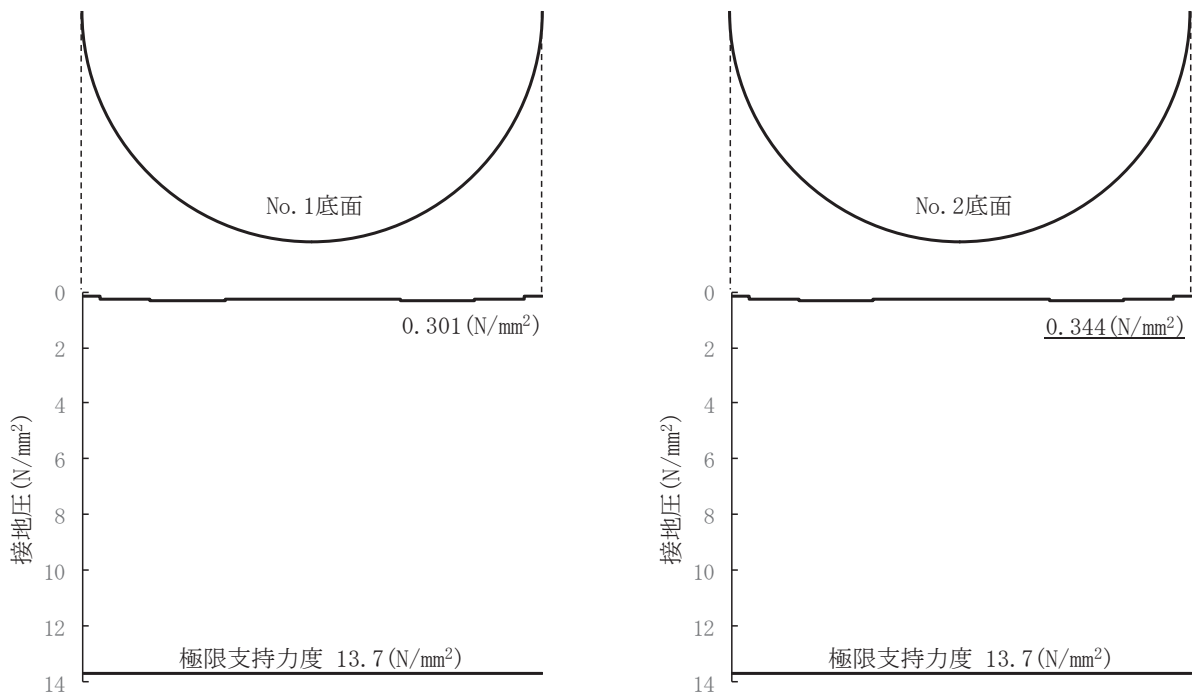


図 3.8-3(4) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - D2 (- +)$ に対する設置圧の分布図

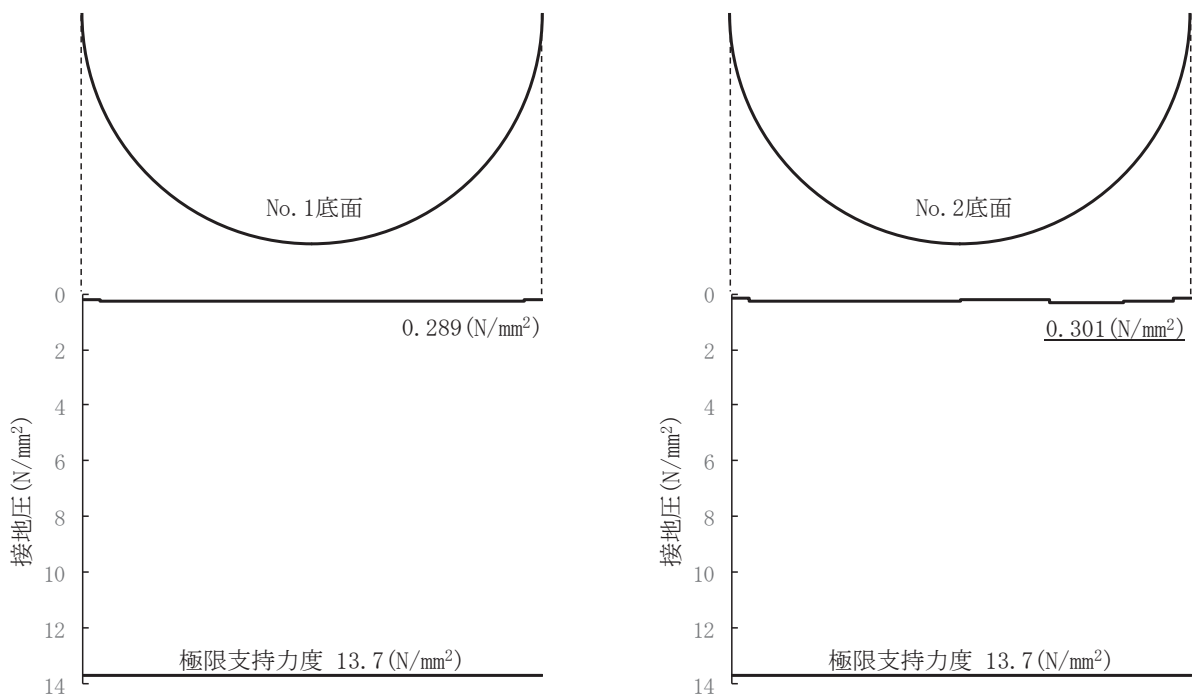


図 3.8-3(5) 解析ケース① 基準地震動 S s - D 3 (+ +) に対する設置圧の分布図

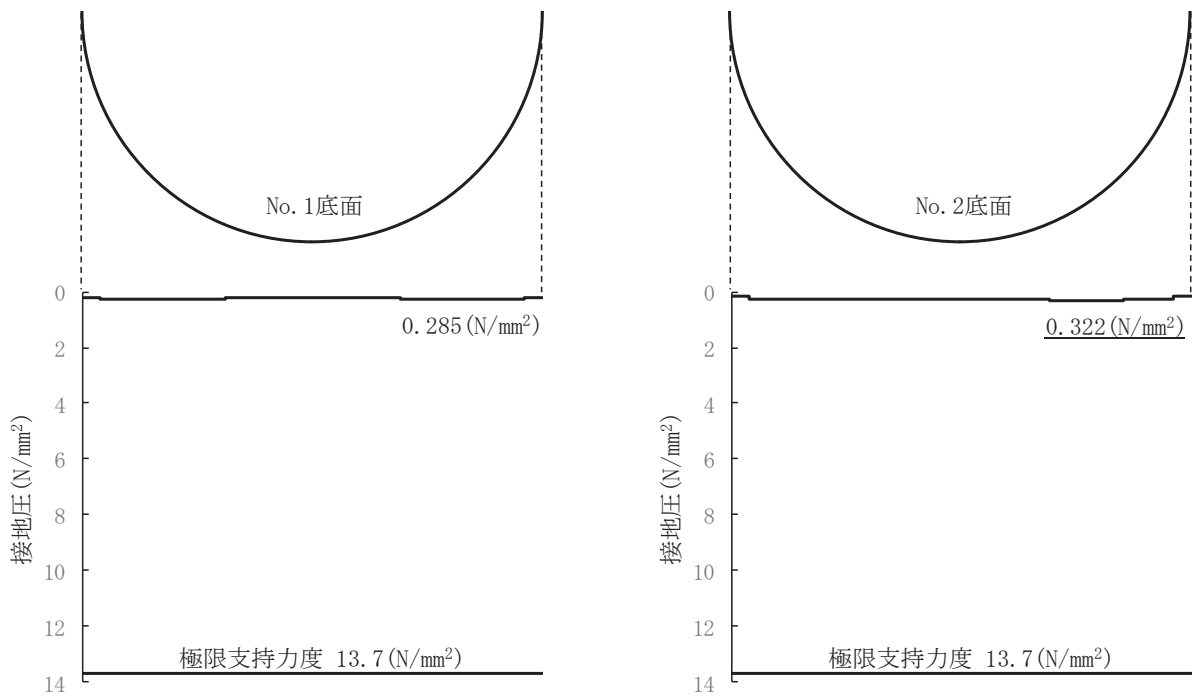


図 3.8-3(6) 解析ケース① 基準地震動 S s - D 3 (- +) に対する設置圧の分布図

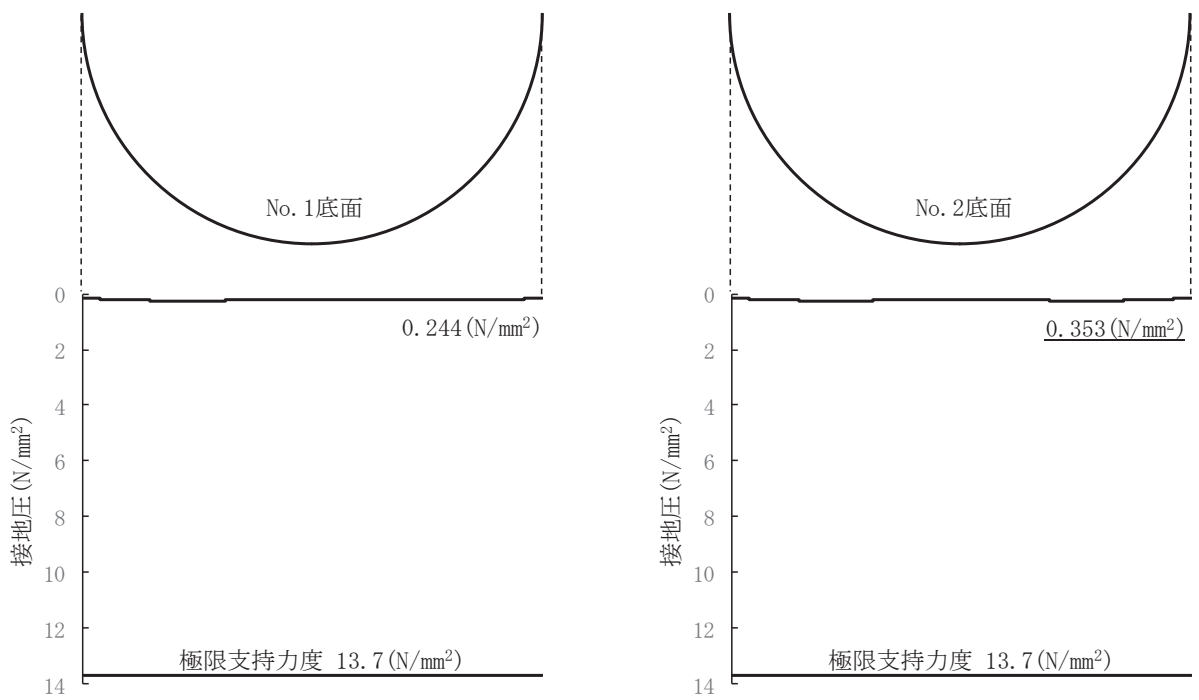


図 3.8-3(7) 解析ケース① 基準地震動 S s - F 1 (+ +) に対する設置圧の分布図

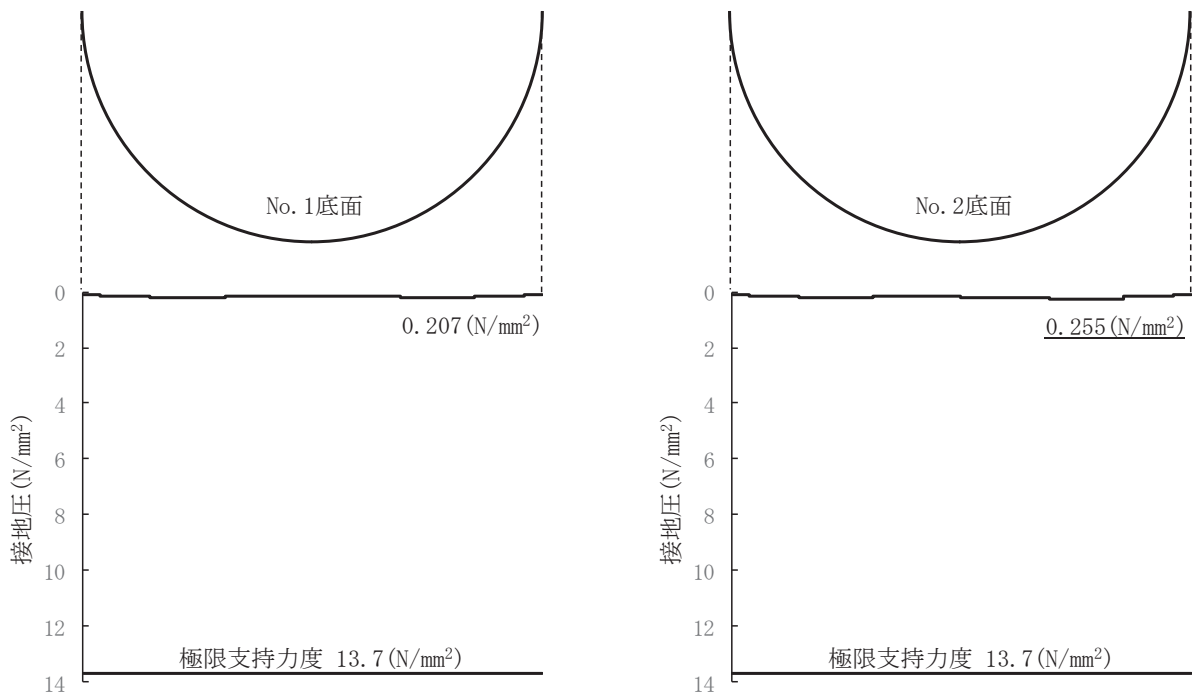


図 3.8-3(8) 解析ケース① 基準地震動 S s - F 1 (- +) に対する設置圧の分布図

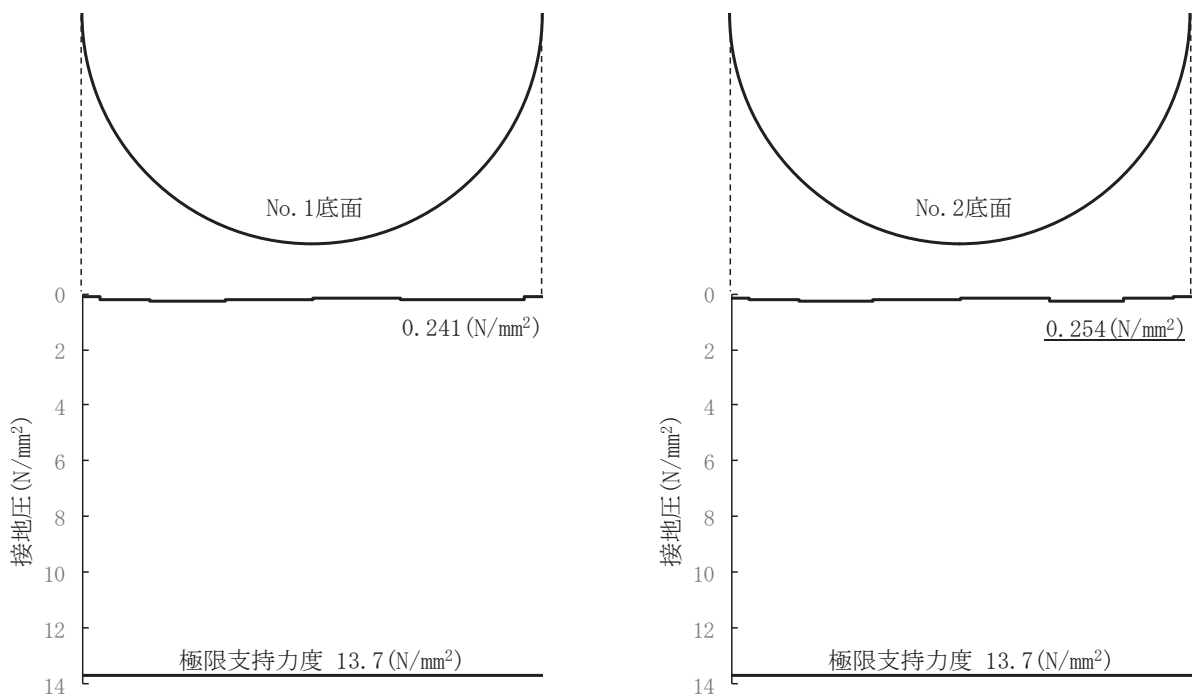


図 3.8-3(9) 解析ケース① 基準地震動 S s - F 2 (+ +) に対する設置圧の分布図

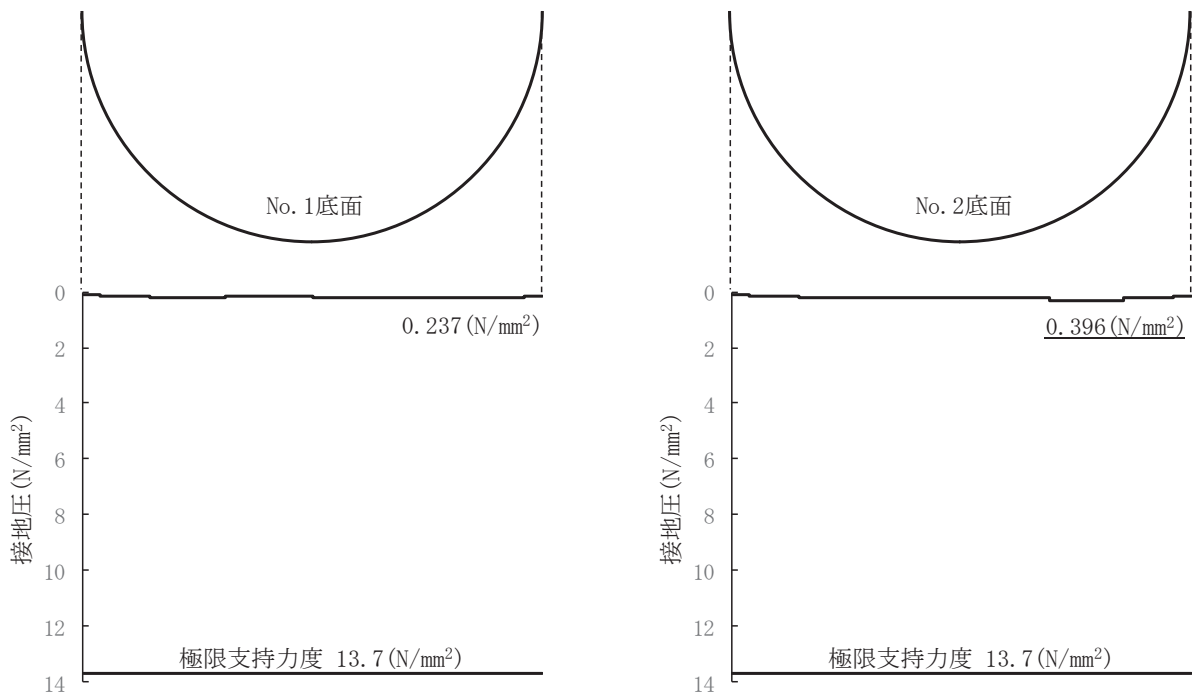


図 3.8-3(10) 解析ケース① 基準地震動 S s - F 2 (- +) に対する設置圧の分布図

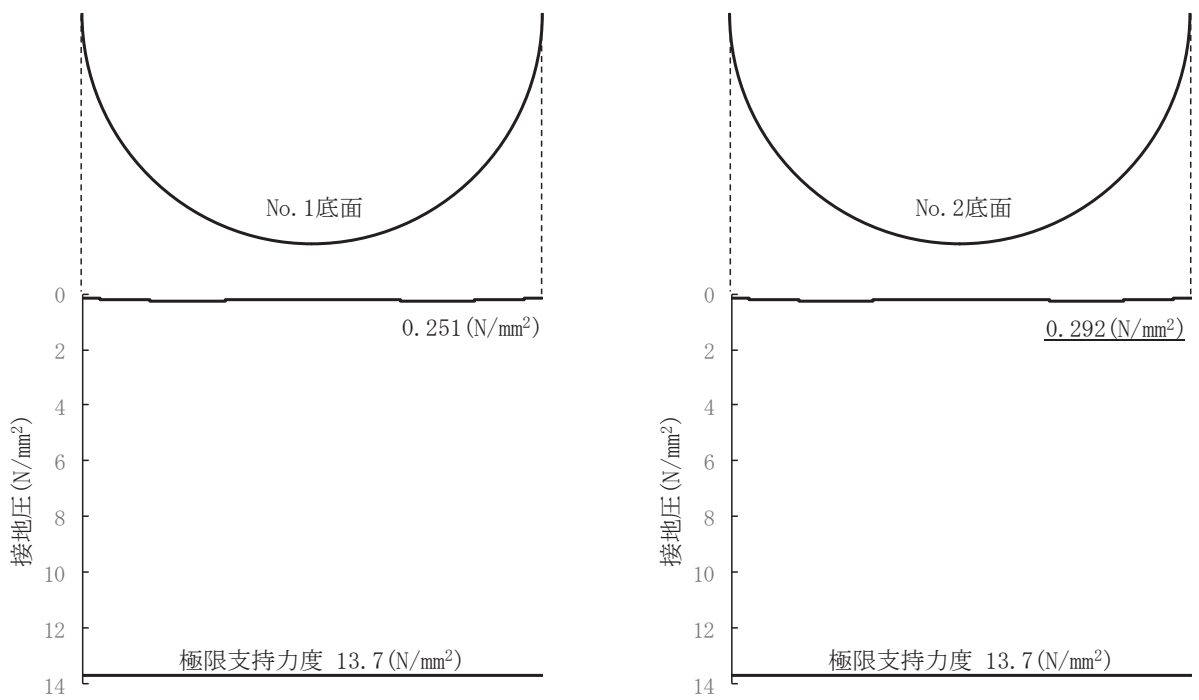


図 3.8-3(11) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - F3 (+ +)$ に対する設置圧の分布図

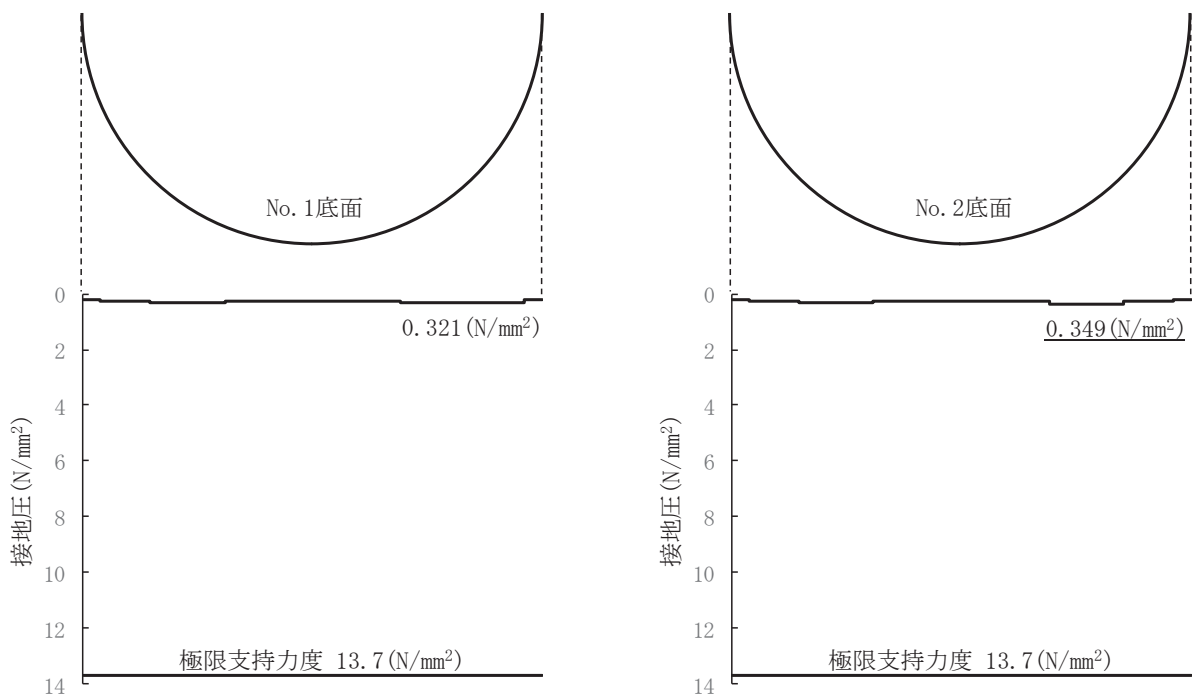


図 3.8-3(12) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - F3 (- +)$ に対する設置圧の分布図

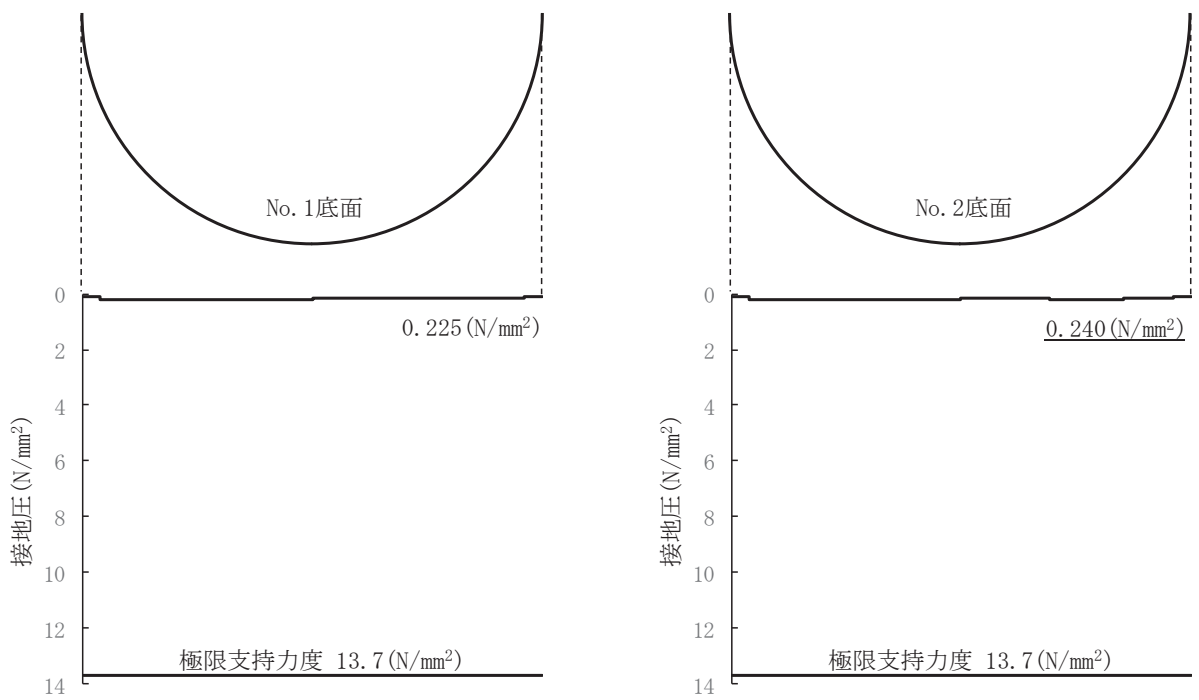


図 3.8-3(13) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - N1 (+ +)$ に対する設置圧の分布図

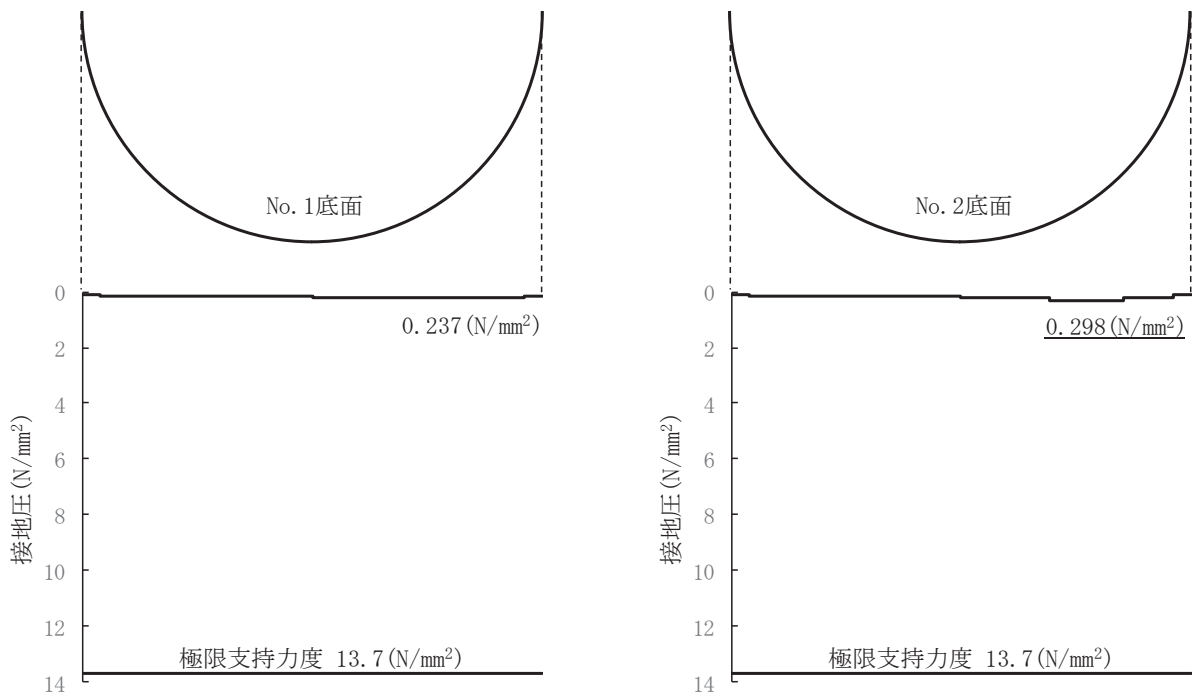


図 3.8-3(14) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - N1 (- +)$ に対する設置圧の分布図

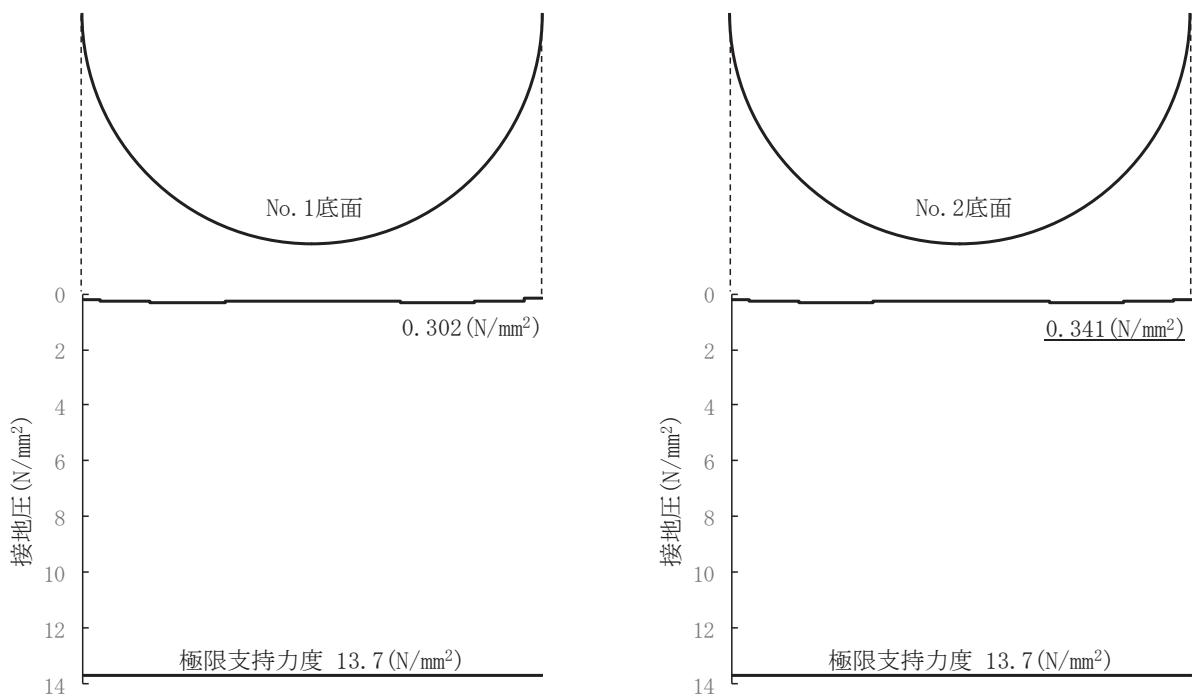


図 3.8-3(15) 解析ケース② 基準地震動 $S_s - F3$ (一十) に対する設置圧の分布図

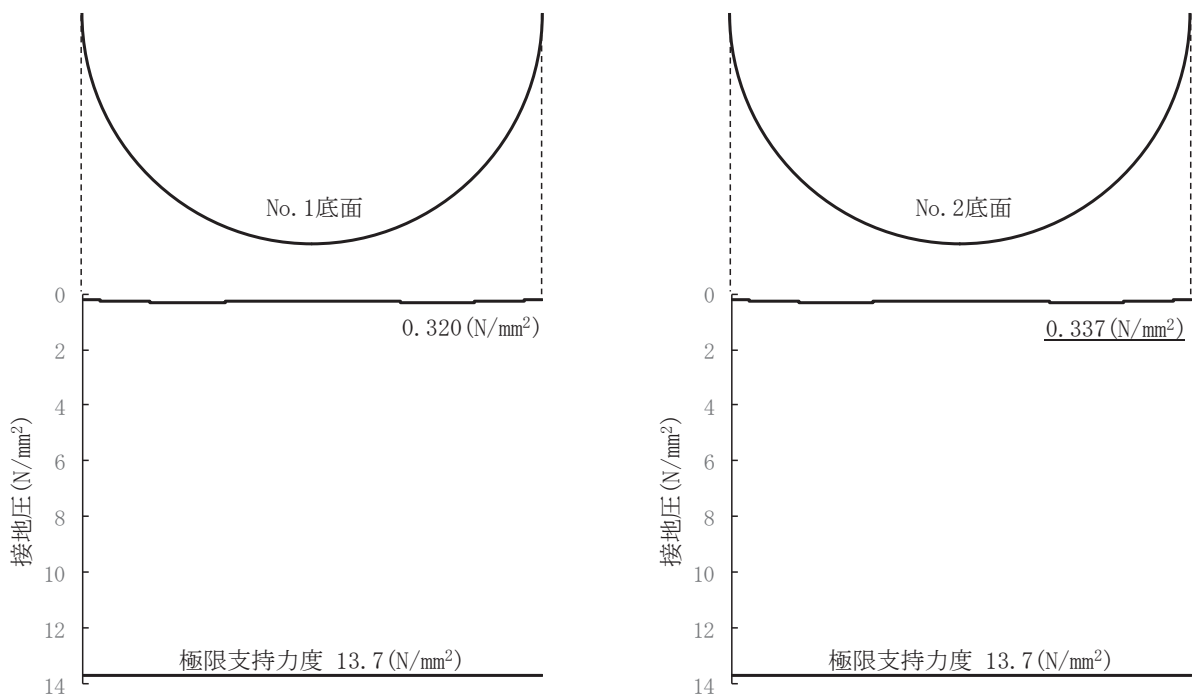


図 3.8-3(16) 解析ケース③ 基準地震動 $S_s - F3$ (一十) に対する設置圧の分布図

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

覆工部及び充填部の引張強度における照査値を表 4.1-1 に、せん断強度における照査値を表 4.1-2 に示す。また、覆工部及び充填部の引張強度における照査値最大となる時刻の応力分布を図 4.1-1 に、せん断強度における照査値最大となる時刻の応力分布を図 4.1-2 に示す。覆工部及び充填部の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 4.1-1 引張強度における最大照査値

部位	地震動	解析ケース	発生応力 (N/mm ²) (a)	許容限界 (N/mm ²) (b)	照査値 (a/b)
覆工部	S s - F 3 (-+)	③	0.488	1.019	0.48
充填部	S s - F 3 (-+)	③	1.161	1.847	0.63

表 4.1-2 せん断強度における照査値

部位	地震動	解析ケース	発生応力 (N/mm ²) (a)	許容限界 (N/mm ²) (b)	照査値 (a/b)
覆工部	S s - F 3 (-+)	③	0.418	4.1	0.11
充填部	S s - F 3 (-+)	③	0.531	10.0	0.06

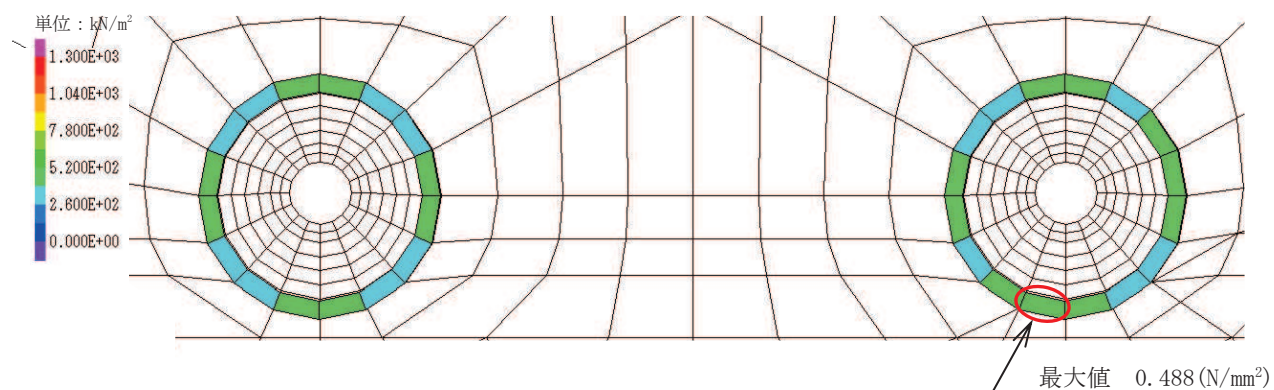


図 4.1-1(1) 覆工部の引張強度における照査値最大となる時刻の応力分布図

(S s - F 3 (-+), t = 27.64s)

(解析ケース③: 地盤物性値のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース)

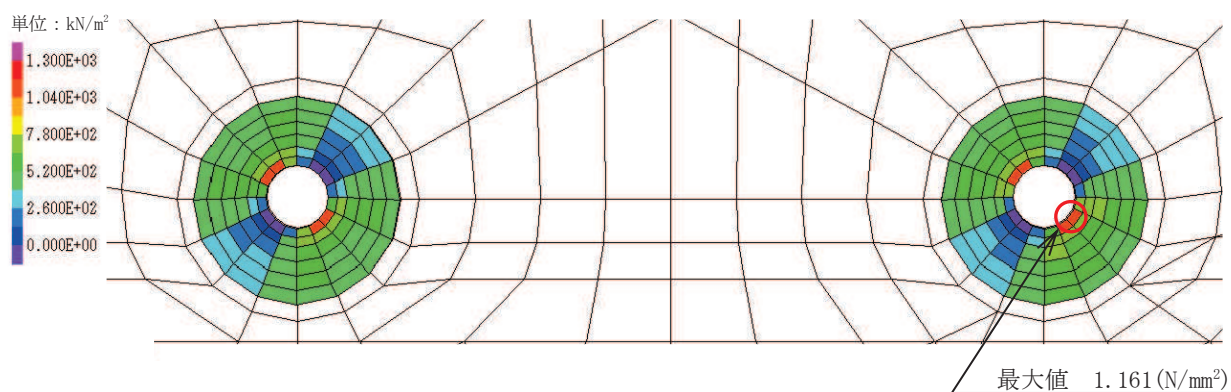


図 4.1-1(2) 充填部の引張強度における照査値最大となる時刻の応力分布図

(S s - F 3 (-+), t = 27.64s)

(解析ケース③: 地盤物性値のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース)

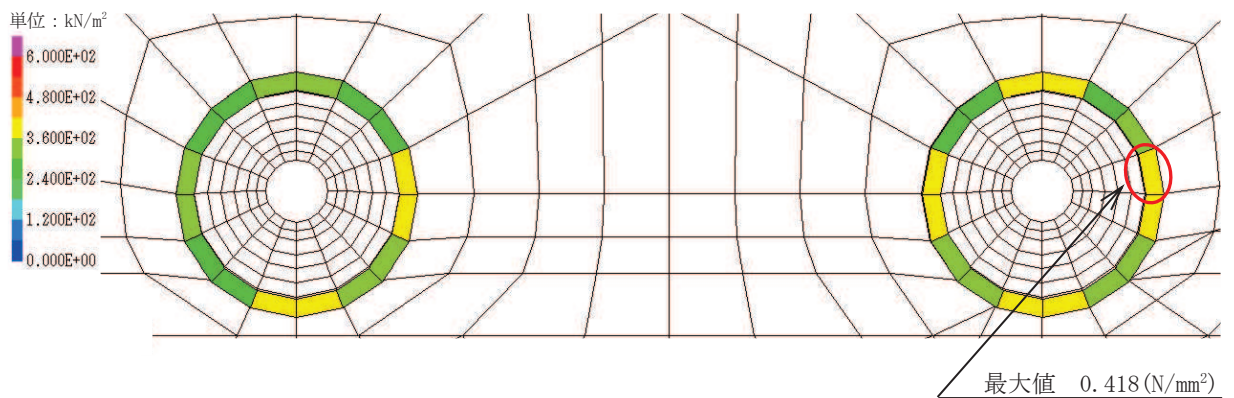


図 4.1-2(1) 覆工部のせん断強度における照査値最大となる時刻の応力分布図

(S s - F 3 (-+), t = 27.64s)

(解析ケース③：地盤物性値のばらつき(-1σ)を考慮した解析ケース)

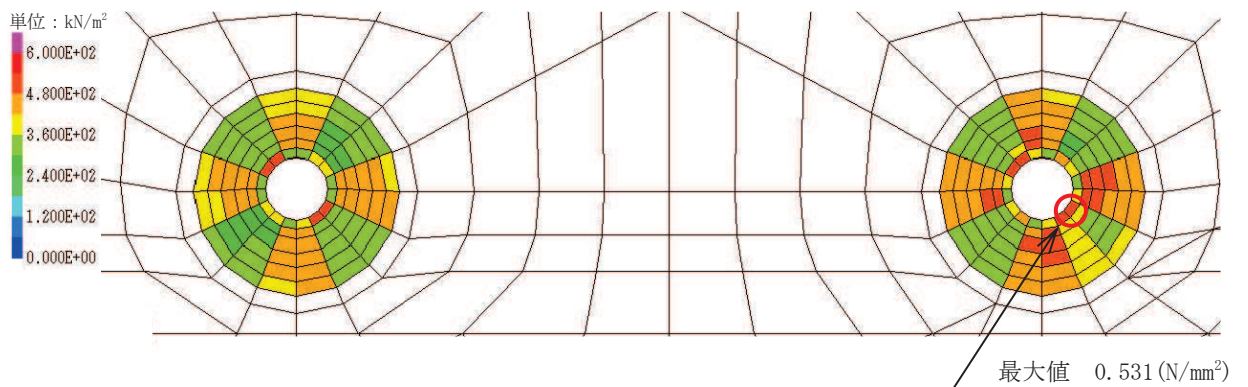


図 4.1-2(2) 充填部のせん断強度における照査値最大となる時刻の応力分布図

(S s - F 3 (-+), t = 27.64s)

(解析ケース③：地盤物性値のばらつき(-1σ)を考慮した解析ケース)

4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 4.2-1 に示す。また、最大接地圧の分布図を図 4.2-1 示す。

覆工部を支持する基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 4.2-1 基礎地盤の支持性能照査結果

地震動	解析ケース	最大接地圧 (N/mm ²) (a)	許容限界 (N/mm ²) (b)	照査値 (a/b)
S _s -D2 (++)	①	0.379	13.7	0.03

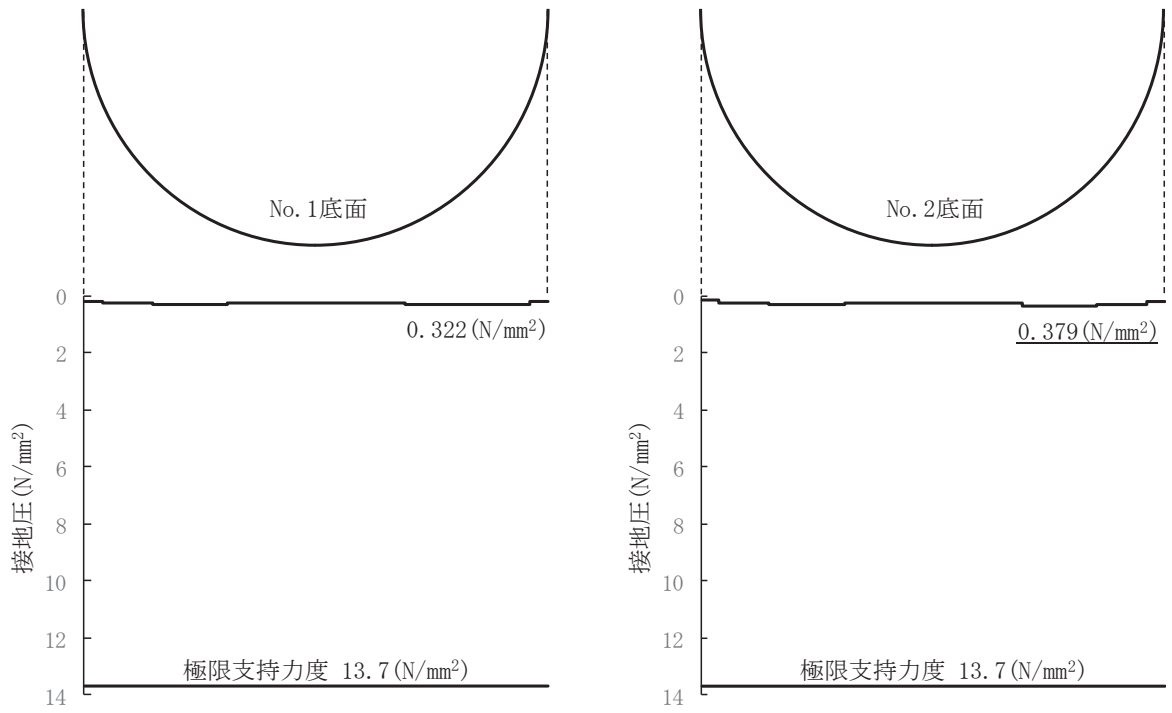


図 4.2-1 最大接地圧の分布図
 (S s - D 2 (++)
 (解析ケース① : 基本ケース)

- 6. 浸水防護施設に関する補足説明
- 6.2 取放水路流路縮小工の設計に関する補足説明
- 6.2.2 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の耐震性についての計算書に関する補足説明

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	4
2.4 適用基準	6
2.5 記号の説明	7
3. 耐震評価	8
3.1 評価対象断面	8
3.2 解析方法	10
3.3 荷重及び荷重の組合せ	14
3.4 入力地震動	16
3.5 解析モデル及び諸元	33
3.6 評価対象部位	37
3.7 許容限界	37
3.8 評価方法	39
4. 耐震評価結果	69
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果.....	69
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果.....	72

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、取放水路流路縮小工（第1号機放水路）が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析より構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

なお、取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の耐震評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮し、地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2. 基本方針

2.1 位置

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の位置図を図2.1-1に示す。

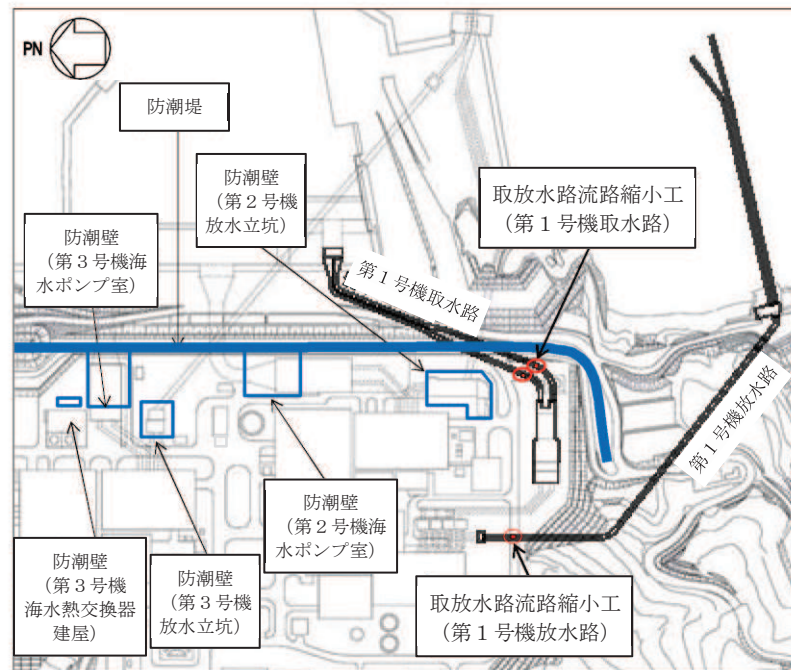



図 2.1-1 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の位置図（全体平面図）

2.2 構造概要

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の平面図及び断面図を図2.2-1に示す。

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）は、第1号機放水路からの津波の流入を抑制し、第1号機放水路から敷地への津波の流入を防止するため、第1号機放水路内に無筋のコンクリートを充填する。よって、取放水路流路縮小工（第1号機放水路）は、覆工部と充填部から構成される。

なお、第1号機の補機冷却海水を放水するため、貫通部（×1条）を設ける。

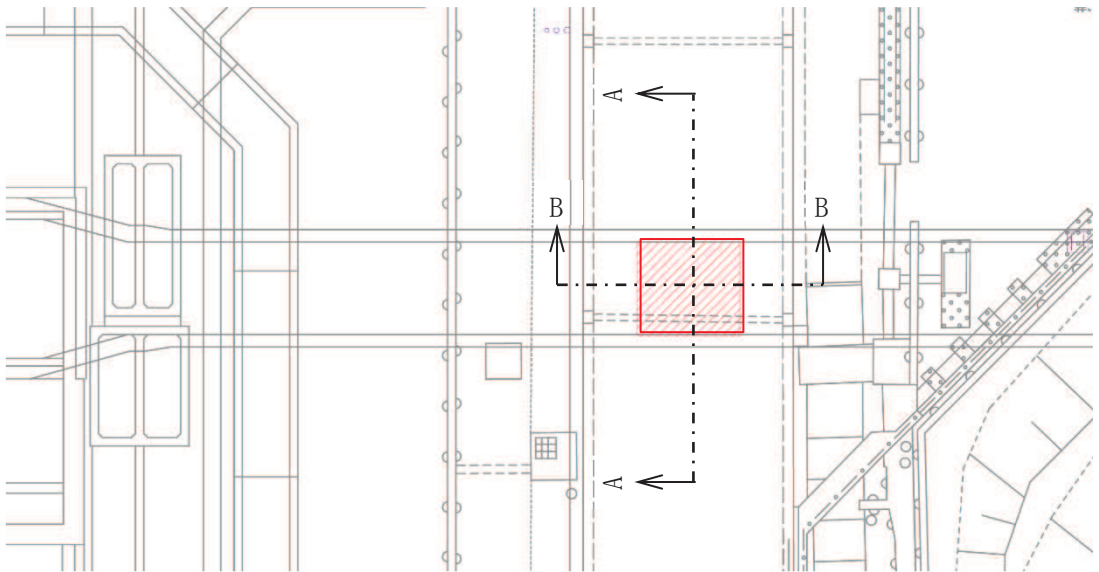


図2.2-1(1) 取放水路流路縮小工（第1号機放水路） 平面図

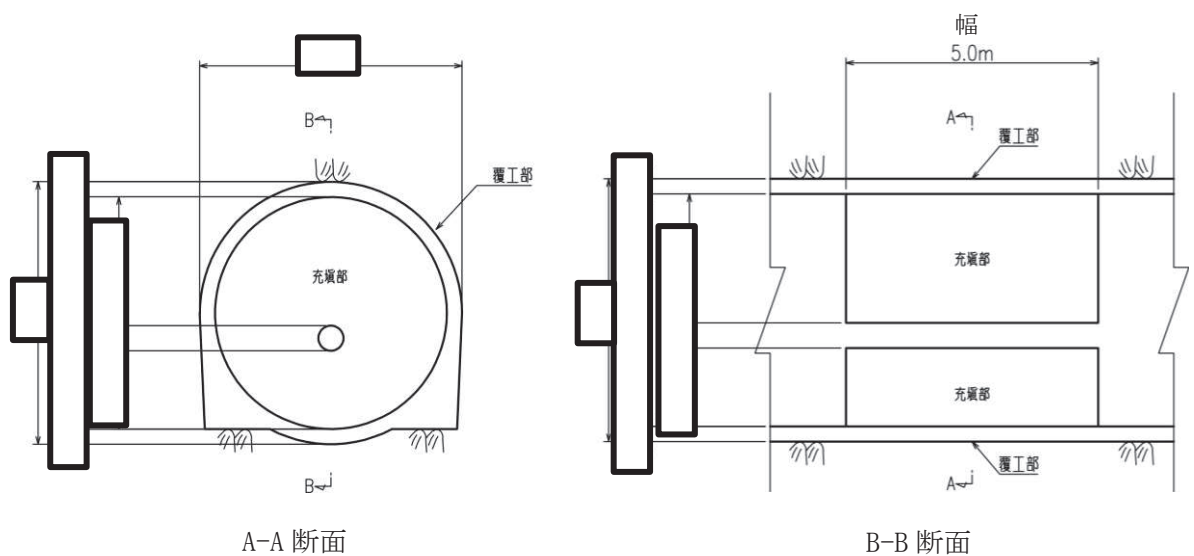


図2.2-1(2) 取放水路流路縮小工（第1号機放水路） 断面図

2.3 評価方針

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）は、Sクラス施設である津波防護施設に分類される。

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の耐震評価は、地震応答解析の結果に基づき、表2.3-1に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認する。

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の地震応答解析においては、構造物周辺は岩盤に覆われているため、線形解析を実施する。

地震応答解析に用いる地盤物性は、地盤の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮して設定する。

構造部材の健全性評価については、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」に基づき流路縮小工の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」に基づき流路縮小工の基礎地盤に発生する応力が許容限界以下であることを確認する。

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の耐震評価フローを図2.3-1に示す。

表 2.3-1 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	流路縮小工	発生する応力が許容限界以下であることを確認	引張強度及びせん断強度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 *： 妥当な安全余裕を考慮

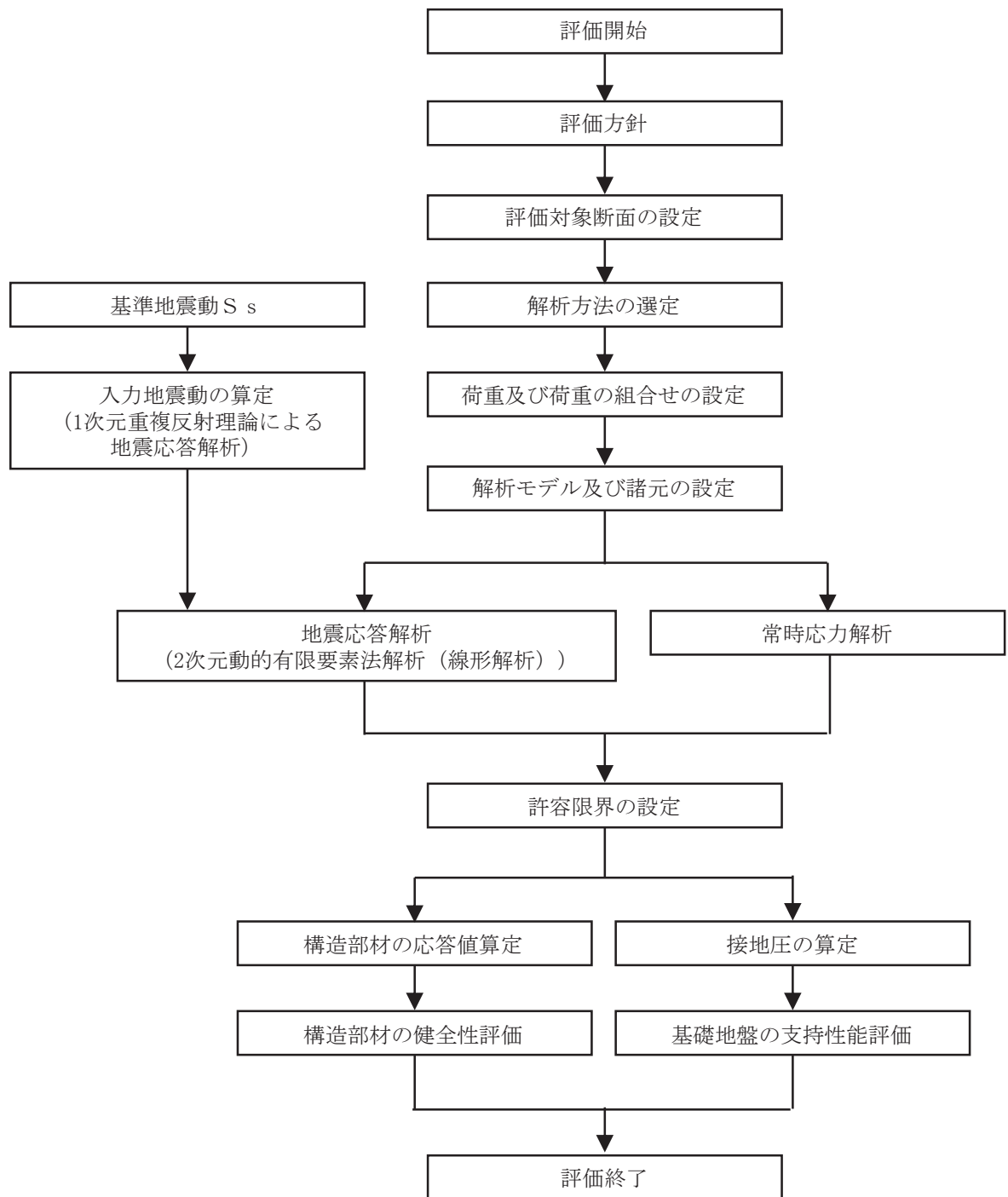


図 2.3-1 取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。また，各項目で適用する規格，基準類を表 2.4-1 に示す。

- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会原子力土木委員会，2005年6月）（以下「土木学会マニュアル」という）
- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）
- ・コンクリート標準示方書〔設計編〕（土木学会，2017年制定）
- ・コンクリート標準示方書〔ダムコンクリート編〕（土木学会，2013年制定）
- ・トンネル標準示方書〔共通編〕・同解説／〔山岳工法編〕・同解説（土木学会，2016年制定）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）

表 2.4-1 各項目で適用する規格，基準類

項目	適用する規格，基準類	備考
使用材料及び材料定数	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年制定） ・コンクリート標準示方書〔設計編〕（2017年制定） 	—
荷重及び荷重の組合せ	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年制定） ・トンネル標準示方書〔共通編〕・同解説／〔山岳工法編〕・同解説（2016年制定） 	<ul style="list-style-type: none"> ・永久荷重＋偶発荷重＋従たる変動荷重の適切な組み合わせを検討 ・トンネル掘削による解放応力及び地山のゆるみ土圧の検討
許容限界	覆工部及び充填部 <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年制定） ・コンクリート標準示方書〔ダムコンクリート編〕（2013年制定） 	<ul style="list-style-type: none"> ・引張強度及びせん断強度に対して，発生応力が許容限界以下であること確認
地震応答解析	<ul style="list-style-type: none"> ・土木学会マニュアル ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会） 	<ul style="list-style-type: none"> ・有限要素法による2次元モデルを用いた線形解析

2.5 記号の説明

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の応力評価に用いる記号を表2.5-1に示す。

表 2.5-1 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の応力評価に用いる記号

記号	定義	単位
G	固定荷重（躯体の自重）	N
P	積載荷重	kN/m ²
S _s	地震荷重	N
f' _{ck}	コンクリートの設計基準強度	N/mm ²
Σt	引張強度	N/mm ²
f _{td}	設計引張強度	N/mm ²
f _{tk}	引張強度	N/mm ²
γ _b	部材係数	—
γ _c	材料係数	—
φ	内部摩擦角	°
τ ₀	せん断強度	N/mm ²

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の評価対象断面位置を図3.1-1に示す。評価対象断面の地質図を図3.1-2に示す。縦断方向の地質に有意な差がないことから、躯体の中央位置（A-A断面）を評価対象断面として選定する。

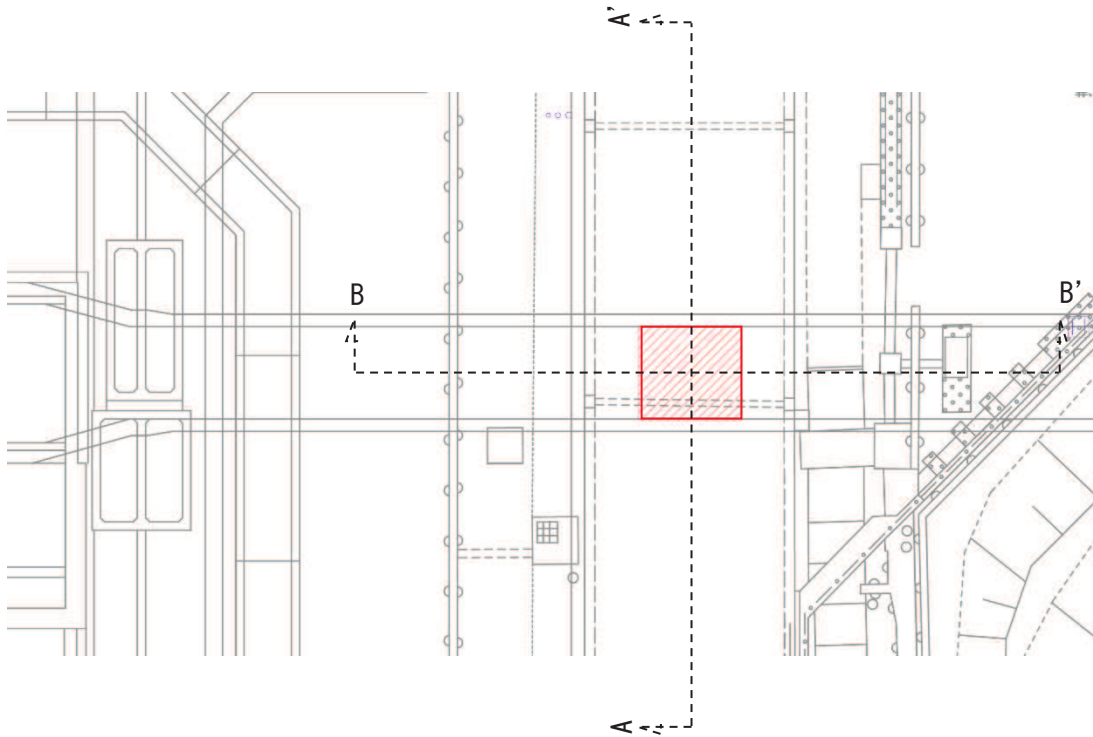


図 3.1-1 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の評価対象断面位置図

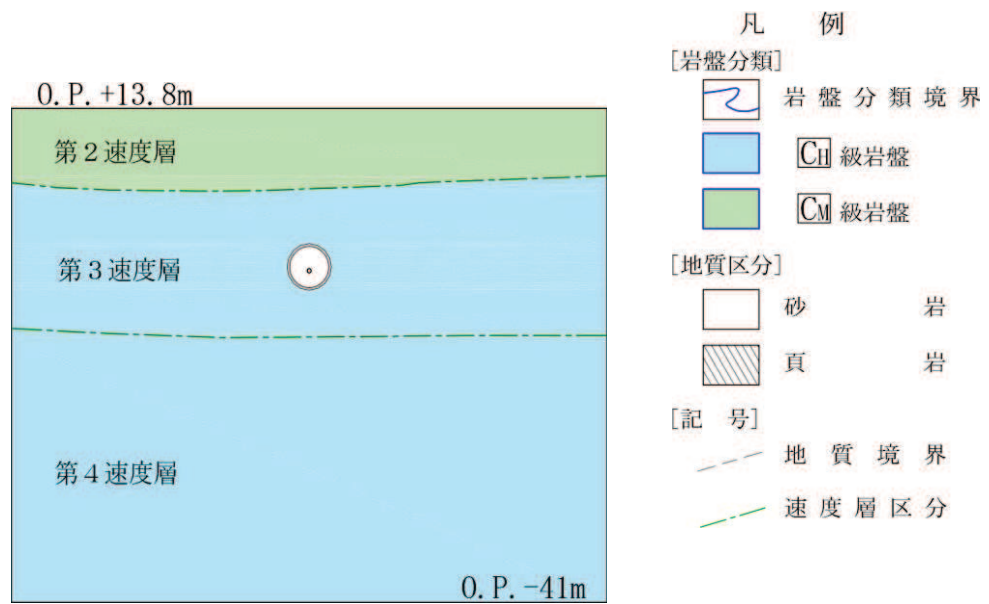


図 3.1-2(1) 取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）の評価対象断面の地質図
(A-A'断面図)

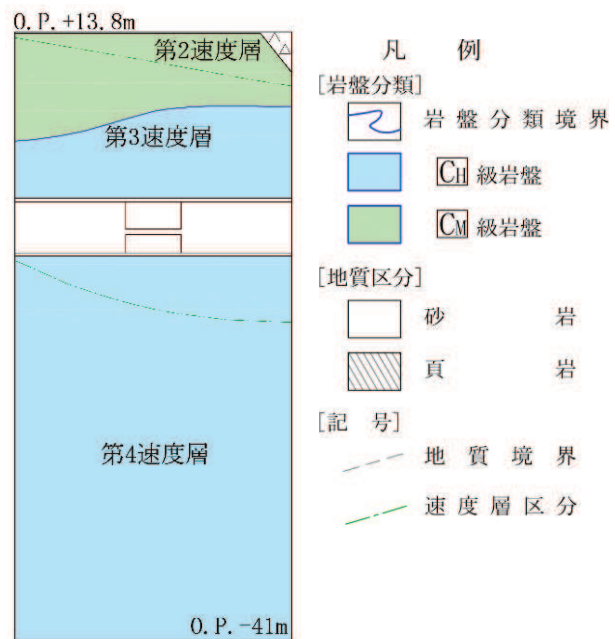


図 3.1-2(2) 取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）の評価対象断面の地質図
(B-B'断面図)

3.2 解析方法

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価に用いる構造部材の応答値及び接地圧は、地震応答解析から得られる地震時増分と常時応力解析から得られる常時応力を重ね合わせて算定する。

地震応答解析及び常時応力解析では、構造物周辺が岩盤に覆われているため、線形解析を実施する。

地震応答解析は、解析コード「SuperFLUSH/2D Ver. 6.1」を、常時応力解析は、解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.10.01」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1 地震応答解析手法

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元動的有限要素法解析により、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による線形解析にて行う。

構造部材については、流路縮小工の形状を踏まえた部材の応力を評価するため、平面ひずみ要素によりモデル化することとし、物性値は線形とする。

地盤（岩盤）については、平面ひずみ要素によりモデル化することとし、物性値は線形とする。

地震応答解析の選定フローを図 3.2-1 に示す。

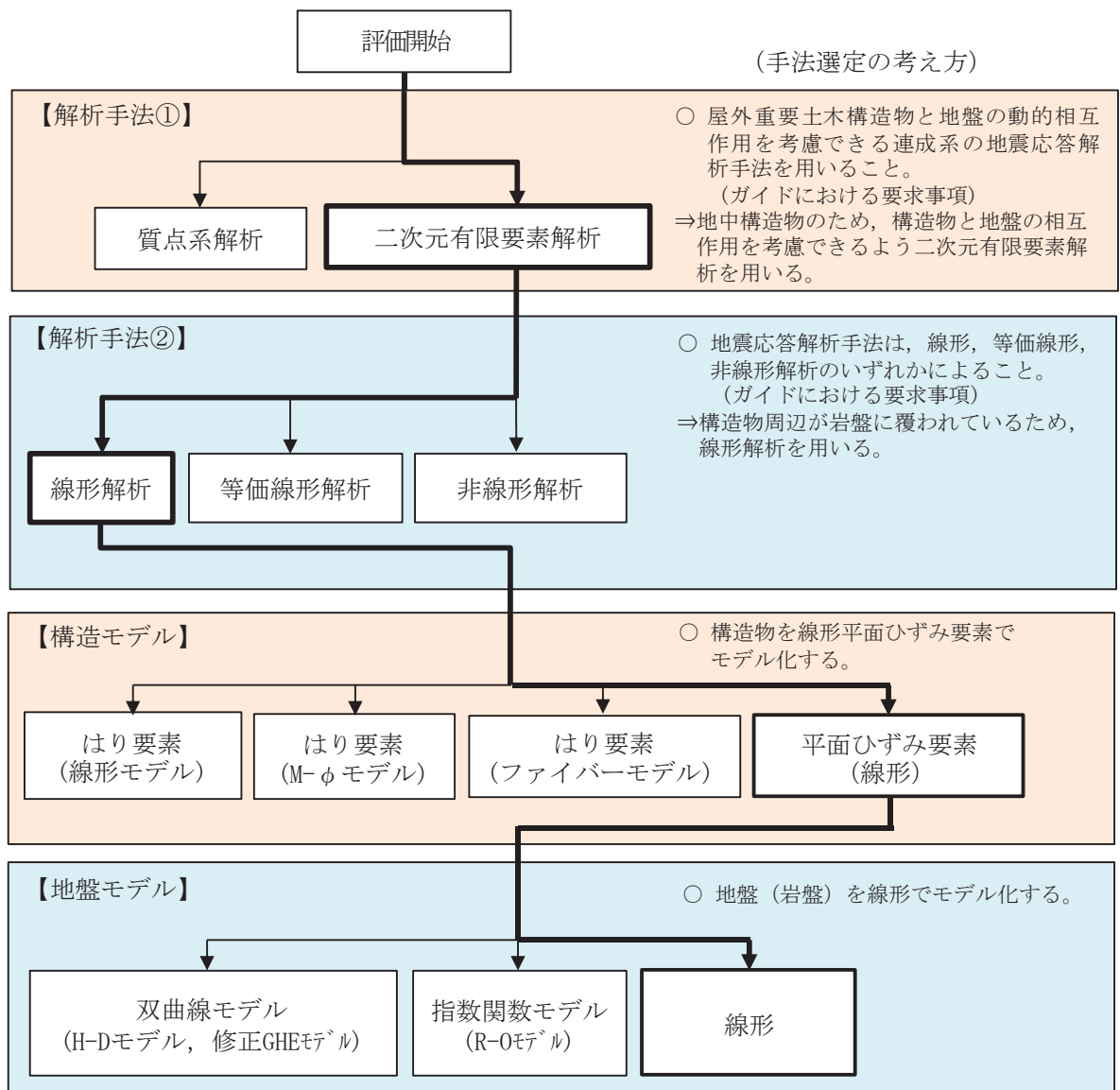


図 3.2-1 地震応答解析の選定フロー

3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき

地盤物性のばらつきの影響を考慮するため、表 3.2-1 に示す解析ケースを設定する。

地盤物性のばらつきは、岩級区分ごとの PS 検層の結果から得られるせん断波速度の標準偏差 σ を求め、せん断波速度のばらつきとして設定する (解析ケース②, ③)。

表 3.2-1 耐震評価における解析ケース

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性
		C_L 級岩盤, C_M 級岩盤, C_H 級岩盤, B 級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値 + 1σ
ケース③	設計基準強度	平均値 - 1σ

3.2.3 減衰定数

減衰定数は、流路縮小工については、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「3. 設計用減衰定数」に示される鉄筋コンクリートの減衰定数を、地盤については、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「3.1 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値」に示される狐崎部層の減衰定数を使用する。

3.2.4 解析ケースの選定

耐震評価においては、すべての基準地震動 S_s に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において、引張破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の照査値が最大となる最も厳しい地震動を用いて、表 3.2-1 に示す解析ケース②、③を実施する。耐震評価における解析ケースを表 3.2-2 に示す。

表 3.2-2 耐震評価における解析ケース

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ
地震動(位相)	S _s -D1	++*	○	基準地震動S _s (7波)及び水平動の位相反転を考慮した地震動(7波)を加えた全14波により照査を行ったケース①(基本ケース)の結果から、引張破壊、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以上となるすべての項目に対して、最も厳しい地震動を用いてケース②、③を実施する。 照査値がいずれも0.5未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②~③を実施する。	
		-+*	○		
	S _s -D2	++*	○		
		-+*	○		
	S _s -D3	++*	○		
		-+*	○		
	S _s -F1	++*	○		
		-+*	○		
	S _s -F2	++*	○		
		-+*	○		
	S _s -F3	++*	○		
		-+*	○		
	S _s -N1	++*	○		
		-+*	○		

注記 * : 取放水路流路縮小工(第1号機放水路)の耐震評価にあたっては、「土木学会マニュアル」に従い水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について(++)の左側は水平動,右側は鉛直動を表し,「-」は位相を反転させたケースを示す。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉（第1号機）が停止状態にあり、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

岩盤内構造物であるため、風、並びに積雪の影響は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重（G）

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

地表面に積載荷重 $4.9(\text{kN}/\text{m}^2)$ を考慮する。

(3) 地震荷重（ S_s ）

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

なお、第1号機放水路トンネルは、地山の变形が収束した後に覆工を施工する NATM 工法を用いていることから覆工に掘削解放応力が作用しているとは考えにくく考慮しない。また、当該位置の地山強度比*は 380 程度と十分大きいことから、地山のゆるみ土圧も荷重として考慮しない。

注記 *：トンネル標準示方書[共通編]・同解説/[山岳工法編]（土木学会，2016 制定）

に基づき、地山強度比 $G_n = q_u / \gamma H$ により算定。（ q_u ：地山の一軸圧縮強度 $153.0\text{N}/\text{mm}^2$ ， γ ：地山の単位体積重量 $26.2\text{kN}/\text{mm}^3$ ， H ：トンネルの土被り 14.99m ）

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1(1) 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + P + S _s

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (4.9kN/m²を地表面に考慮)

S_s : 地震荷重

表 3.3-1(2) 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久 荷重	固定 荷重	躯体自重	○	・ 設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	—	・ 対象構造物に作用する機器・配管はないため考慮しない。
		土被り荷重	—	・ 安定した岩盤内に設置されるため考慮しない。
		積載荷重	○	・ 地表面に 4.9(kN/m ²)を考慮する。
	静止土圧		—	・ 安定した岩盤内に設置されるため考慮しない。
	外水圧		—	・ つり合っているため考慮しない
	内水圧		—	・ つり合っているため考慮しない
	積雪荷重		—	・ 岩盤内構造物であることから考慮しない。
	風荷重		—	・ 岩盤内構造物であることから考慮しない。
偶発荷重	水平地震動		○	・ 基準地震動 S _s による水平及び鉛直同時加振を考慮する。
	鉛直地震動		○	
	動水圧		○	・ 朔望平均満潮位での動水圧を考慮する。

3.4 入力地震動

入力地震動は、添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「4.1(2) 動的地震力」及び添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を1次元重複反射理論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「6.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

入力地震動算定概念図を図 3.4-1 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図 3.4-2 に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「ArkQuake Ver. 3.10.01」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

①引戻し解析

引戻し地盤モデル（解放基盤モデル）を用いて、水平方向地震動及び鉛直方向地震動をそれぞれ引戻し地盤モデル底面位置まで引戻す。

②水平方向地震動の引上げ解析

引上げ地盤モデル（水平方向地震動用）を用いて、構造物－地盤連成系解析モデル底面位置まで水平方向地震動を引上げる。

③鉛直方向地震動の引上げ解析

引上げ地盤モデル（鉛直方向地震動用）を用いて、構造物－地盤連成系解析モデル底面位置まで鉛直方向地震動を引上げる。

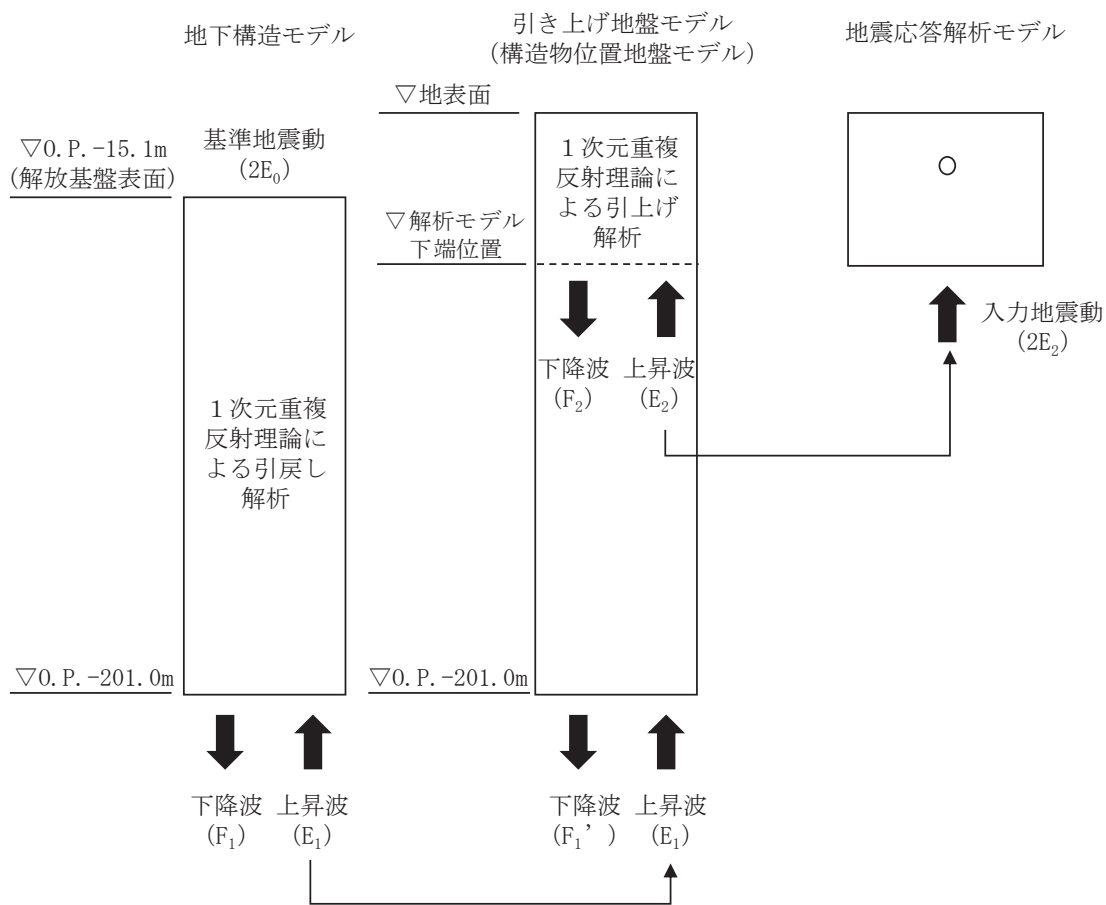


図 3.4-1(1) 入力地震動算定の概念図

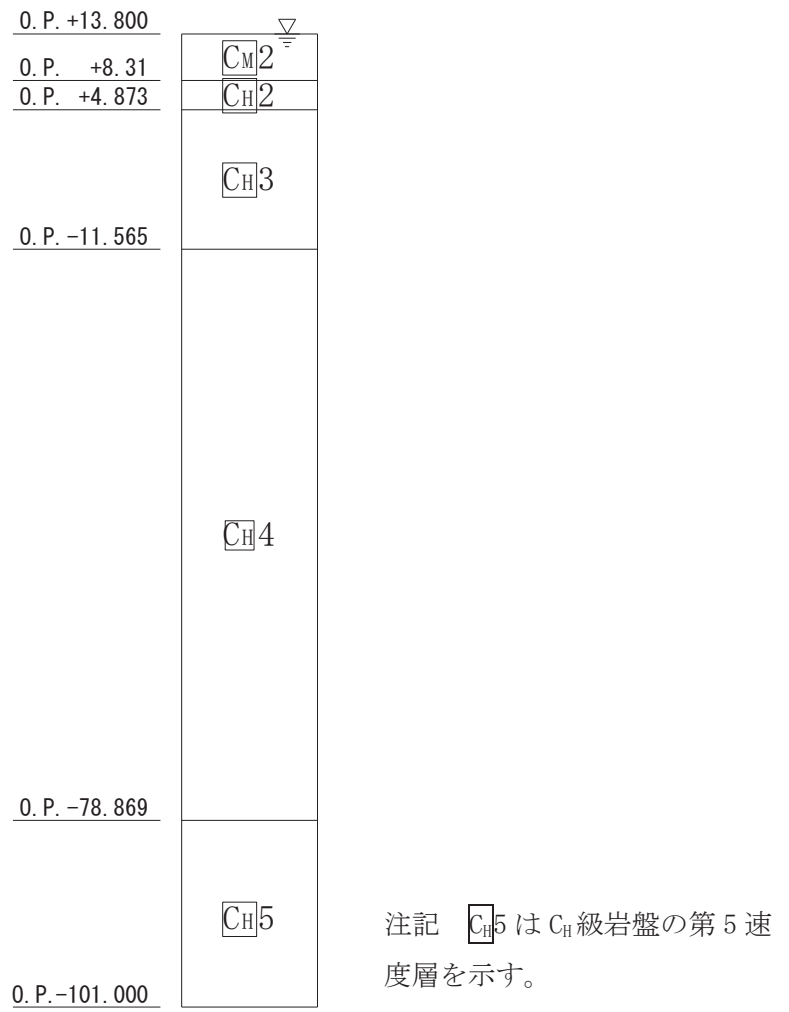
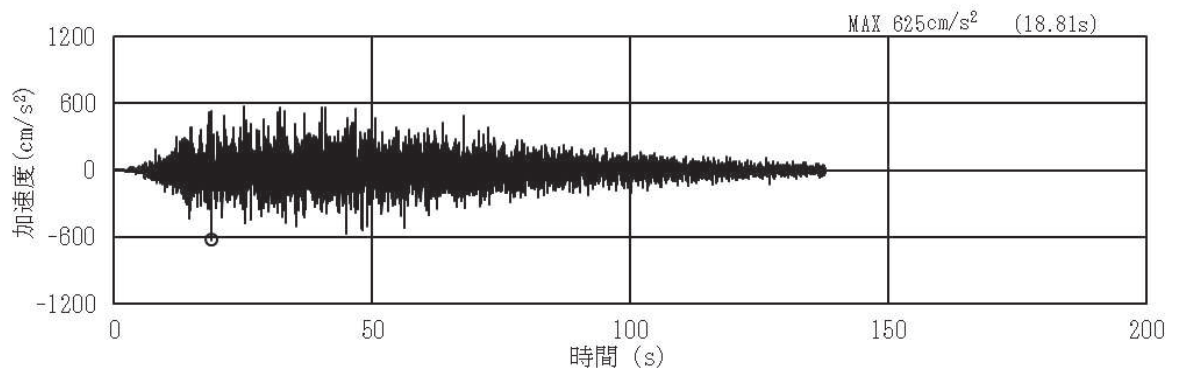
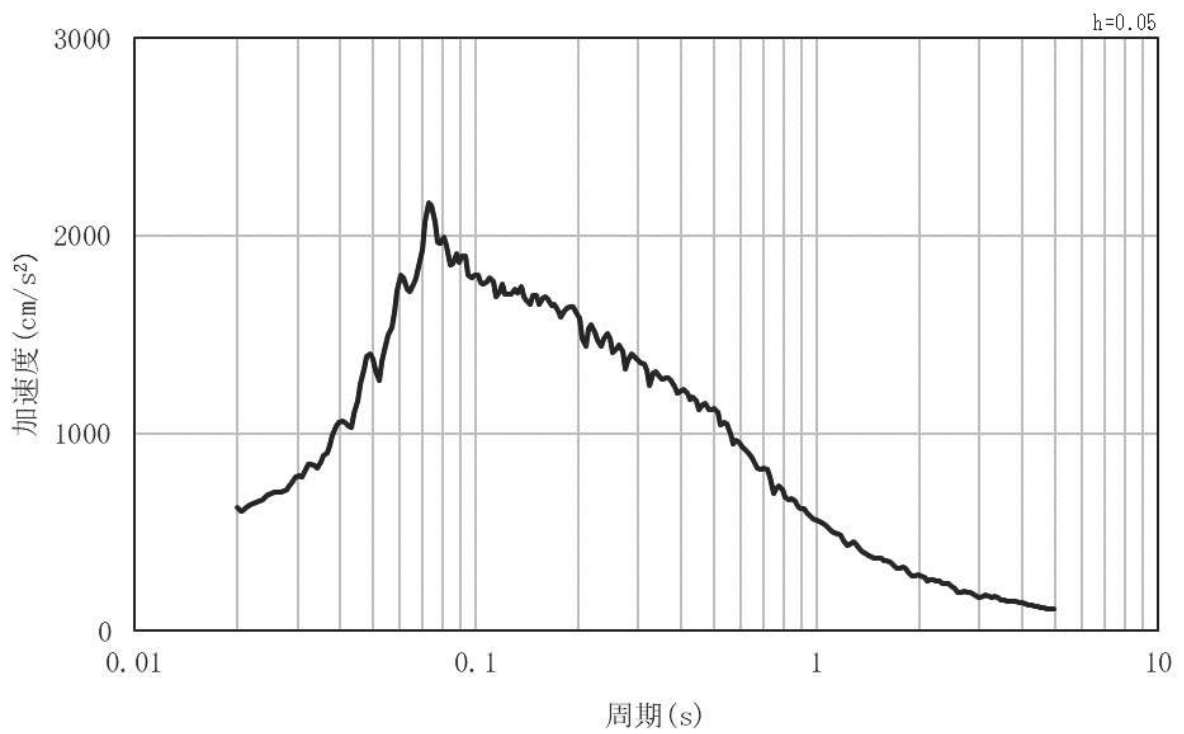


図 3.4-1(2) 入力地震動算定の概念図 (引上げ地盤モデル)

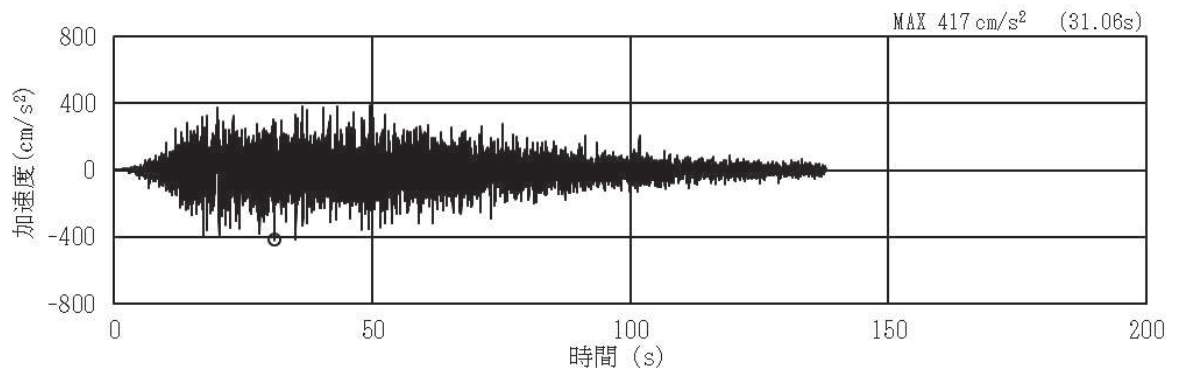


(a) 速度時刻歴波形

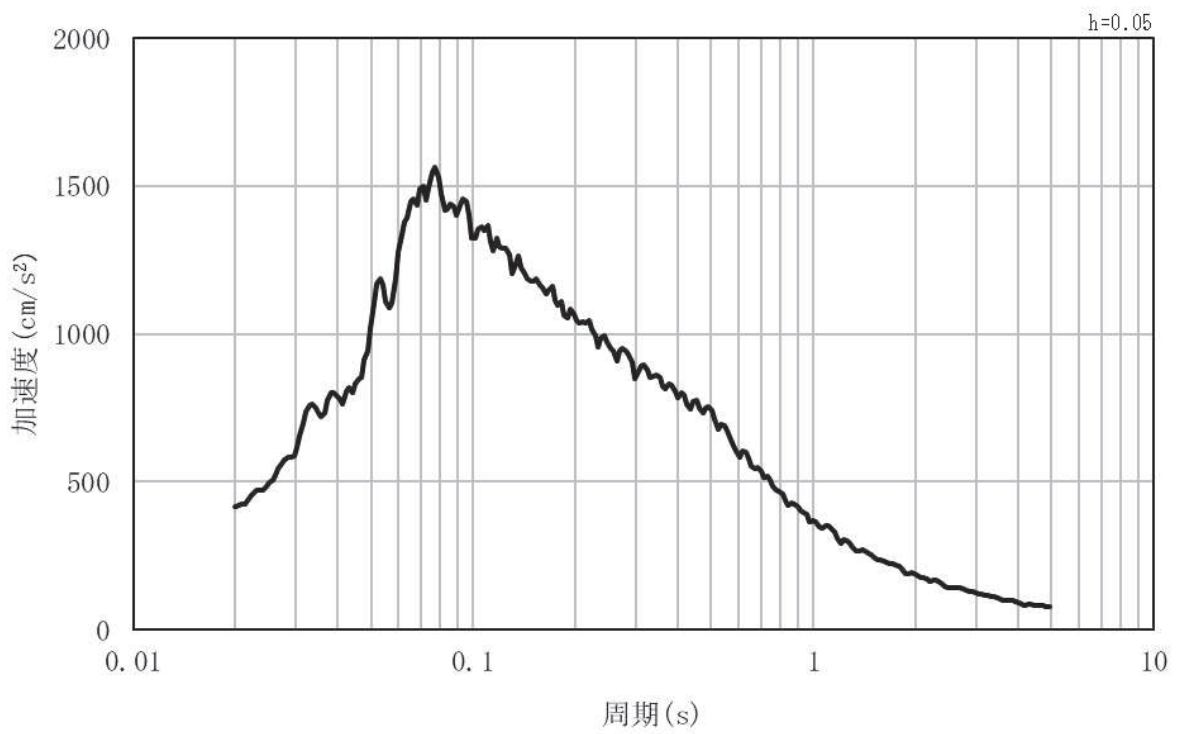


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(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
(水平方向 : S s - D 1)

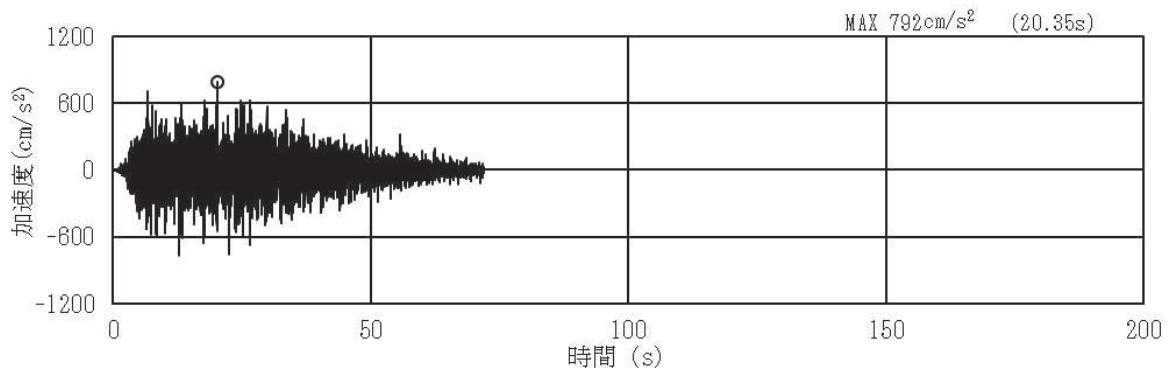


(a) 加速度時刻歴波形

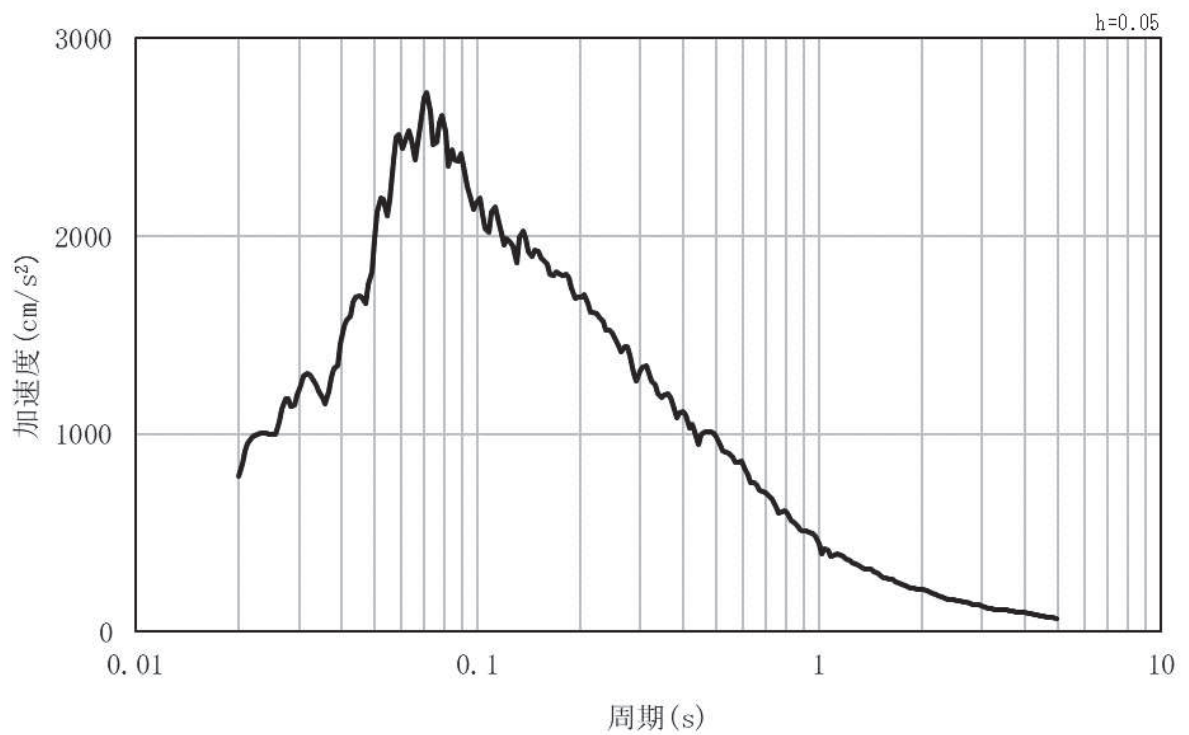


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(2) 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
(鉛直方向：S s - D 1)

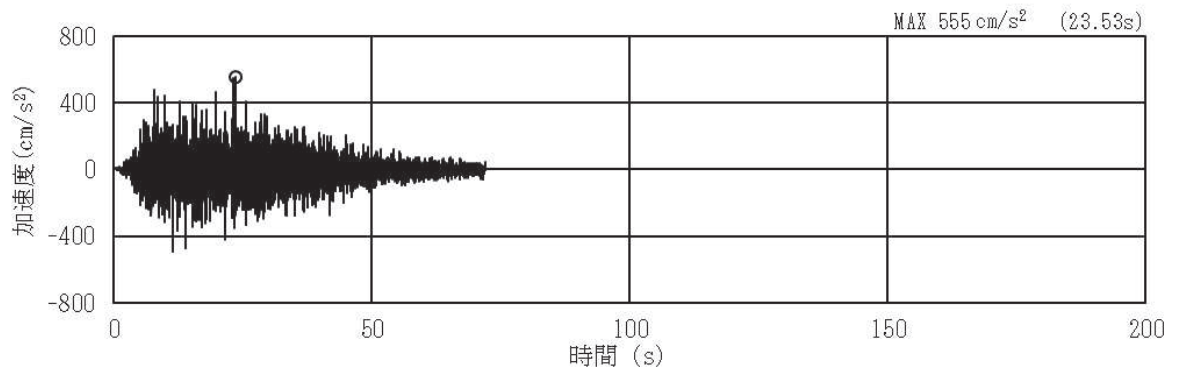


(a) 加速度時刻歴波形

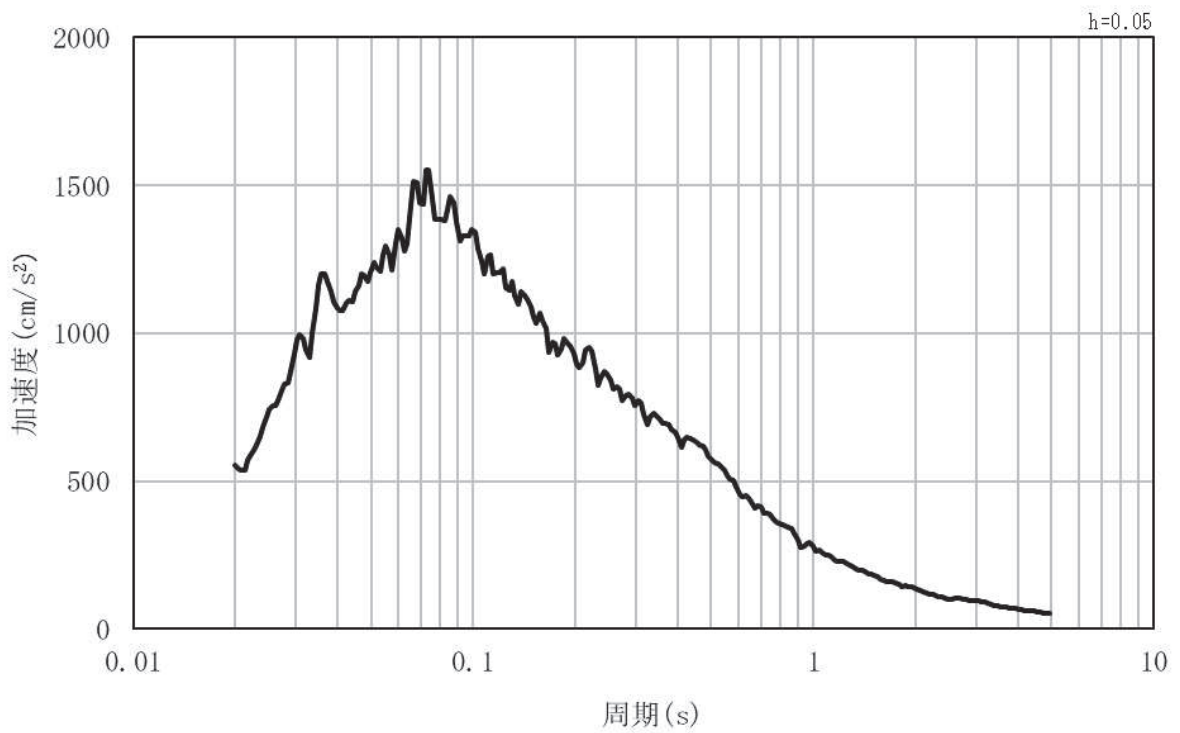


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(3) 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
(水平方向 : S s - D 2)

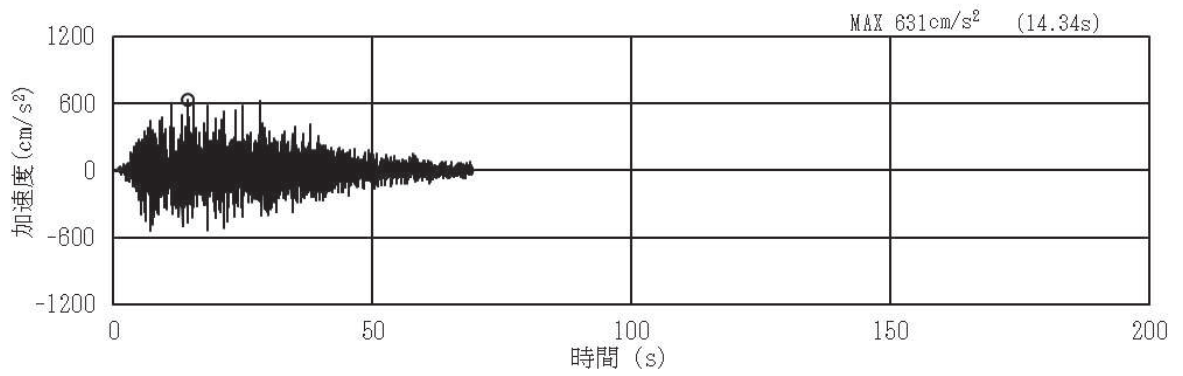


(a) 加速度時刻歴波形

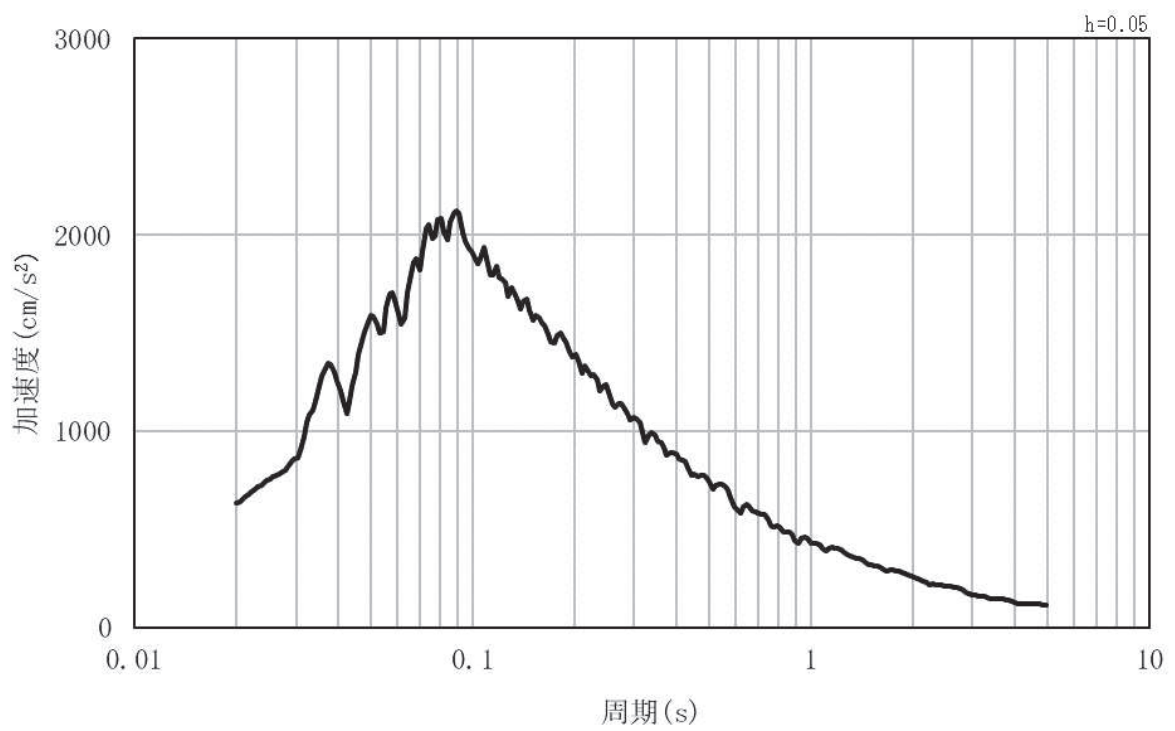


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(4) 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
(鉛直方向：S s - D 2)

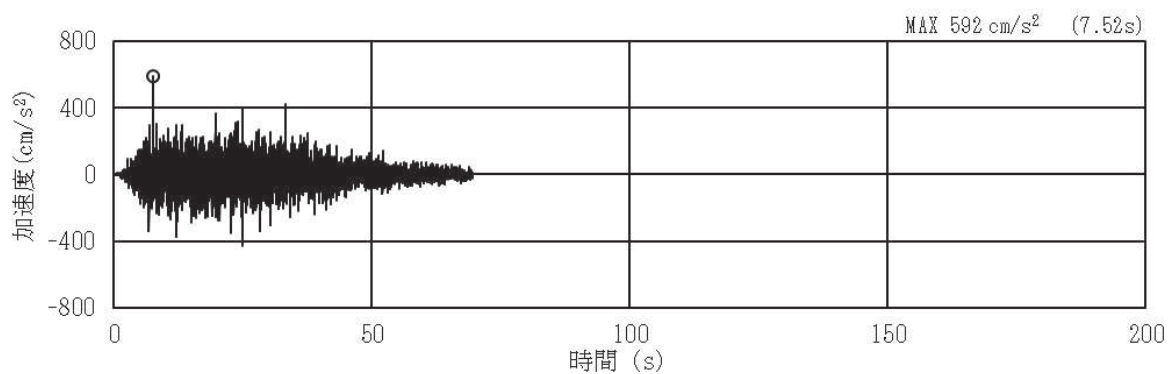


(a) 加速度時刻歴波形

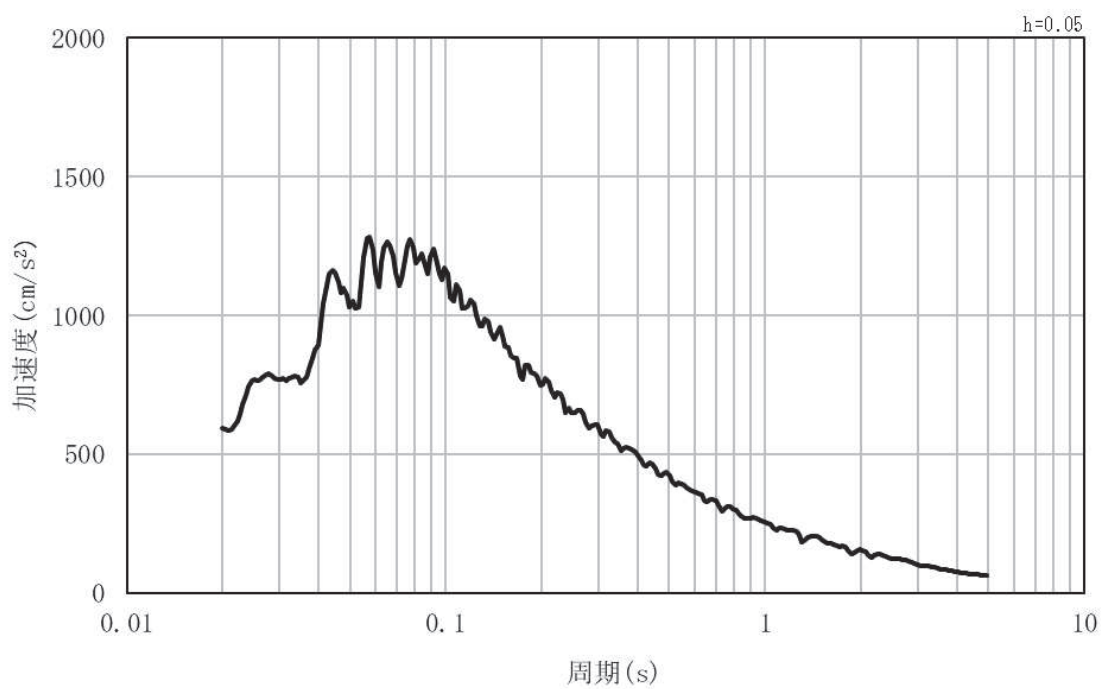


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(5) 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
(水平方向：S s - D 3)

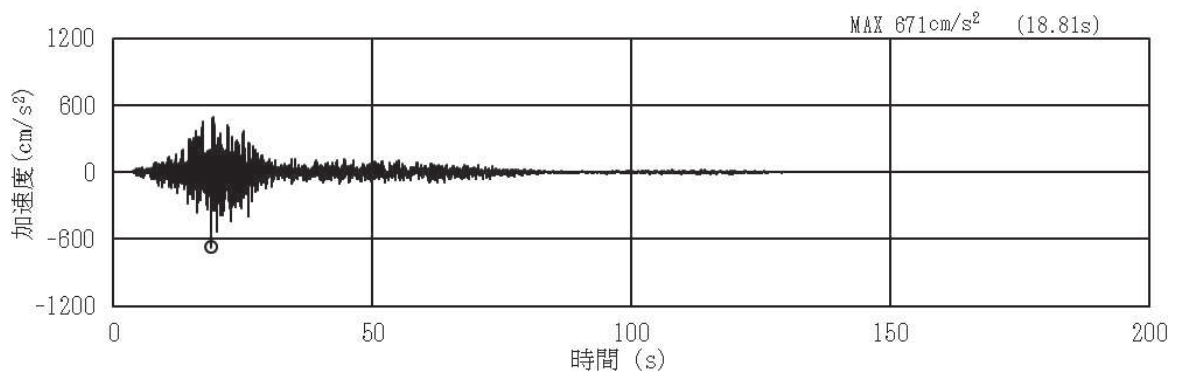


(a) 加速度時刻歴波形

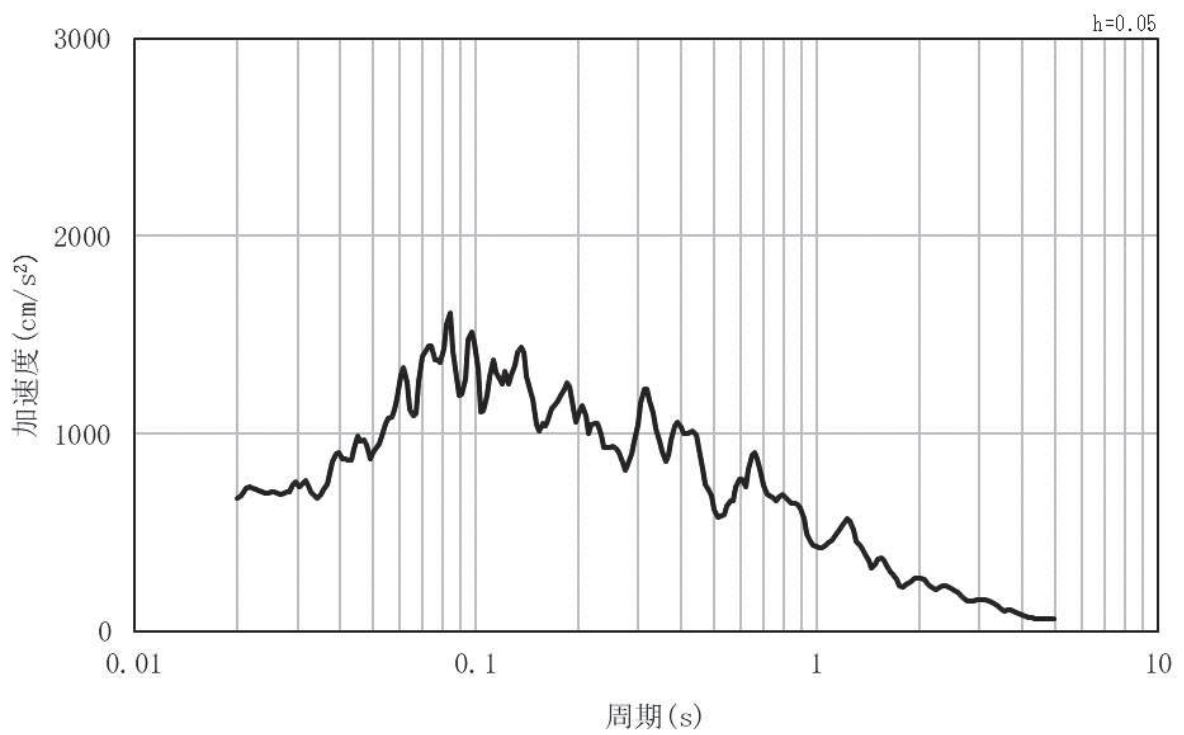


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(6) 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
(鉛直方向：S s - D 3)

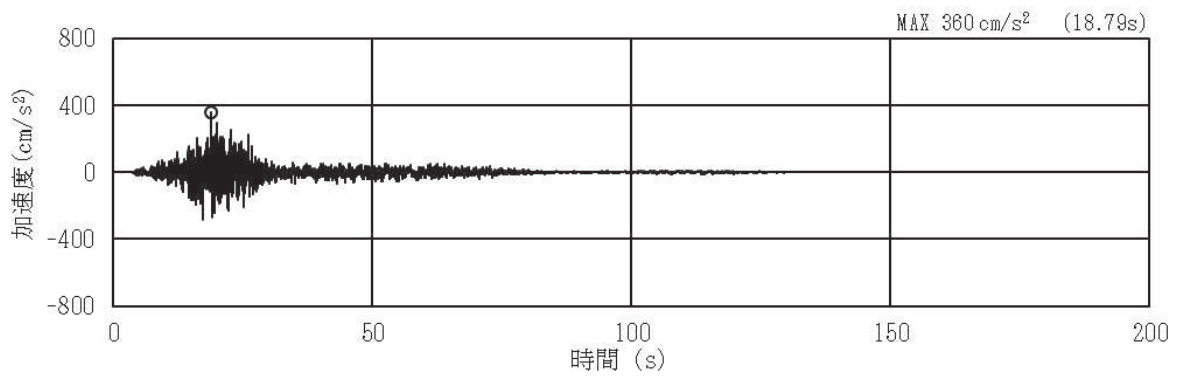


(a) 加速度時刻歴波形

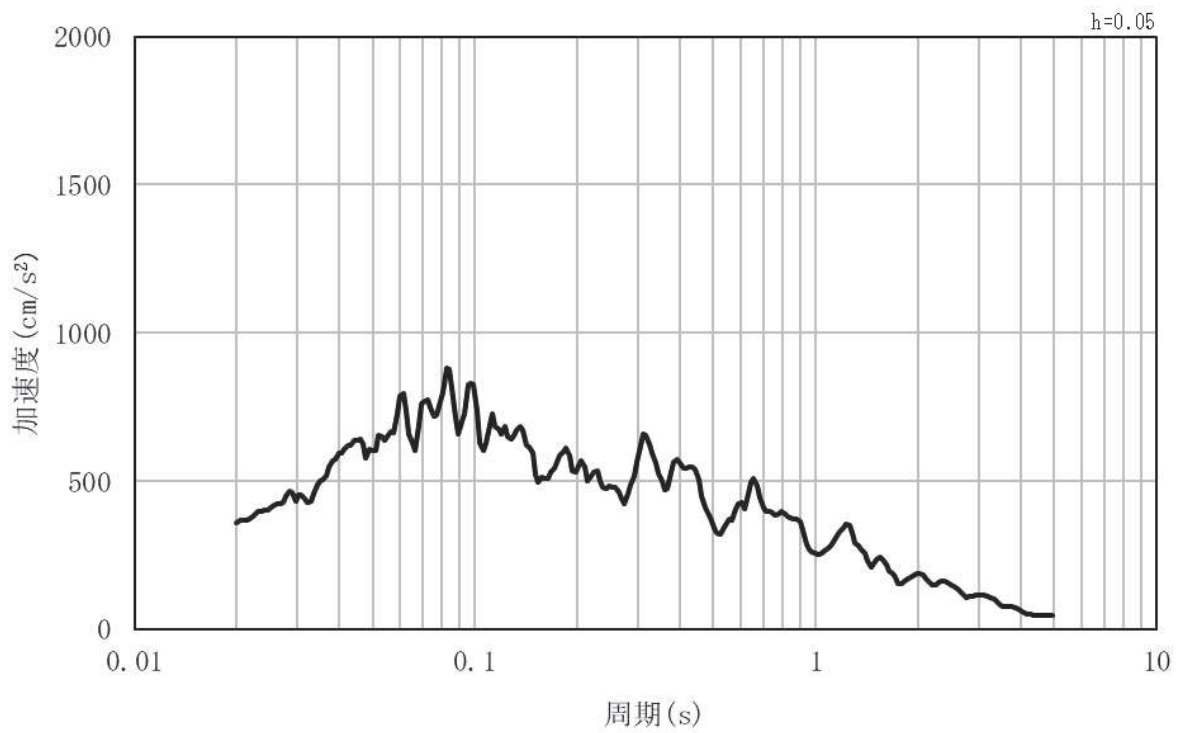


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(7) 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
(水平方向 : S s - F 1)

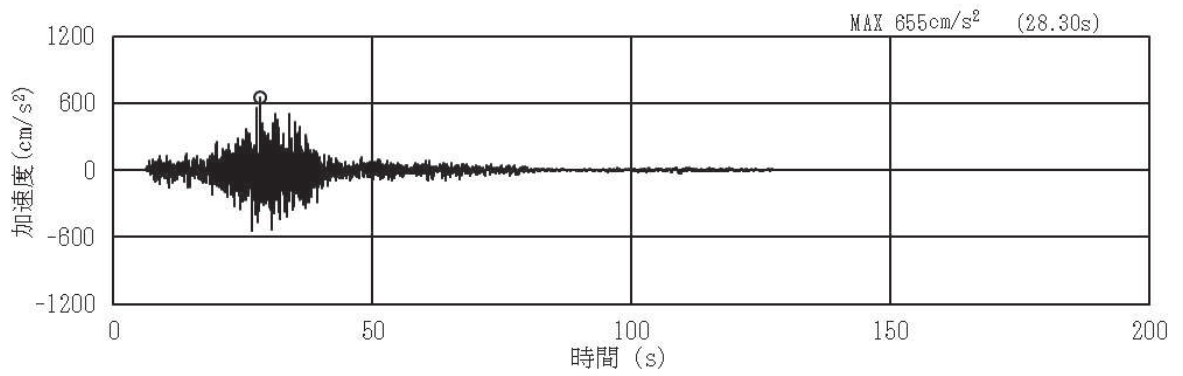


(a) 加速度時刻歴波形

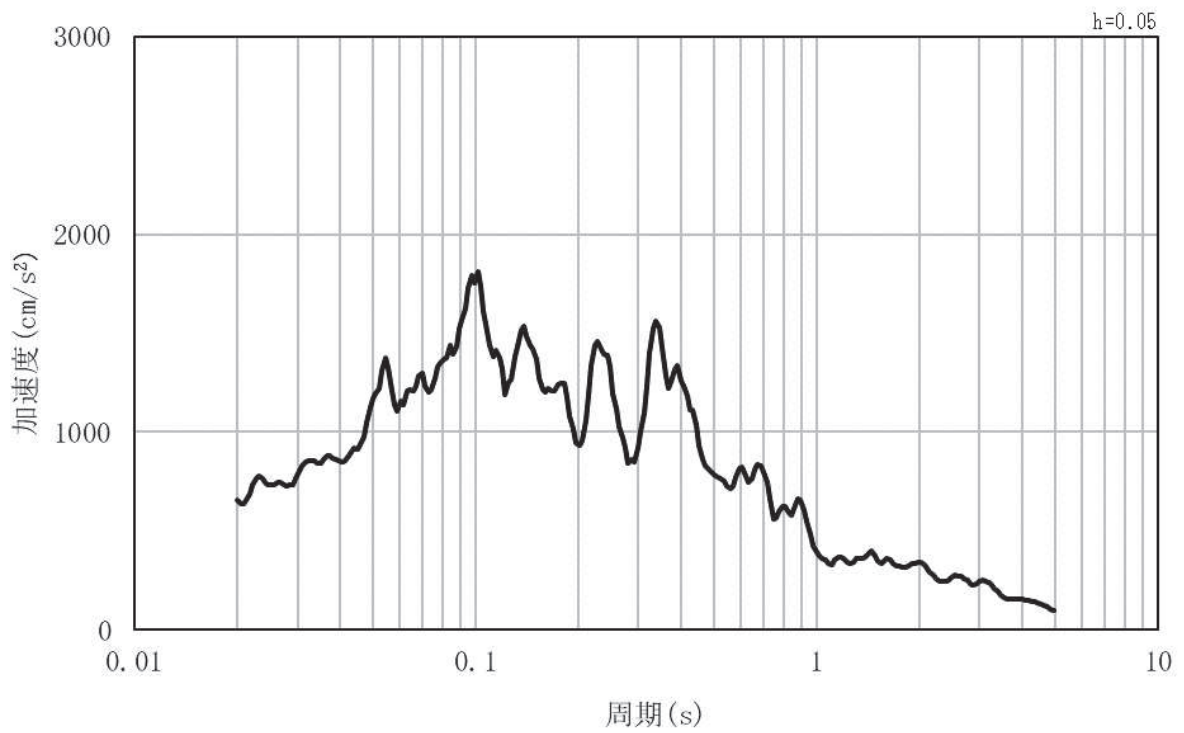


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(8) 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
(鉛直方向：S s - F 1)

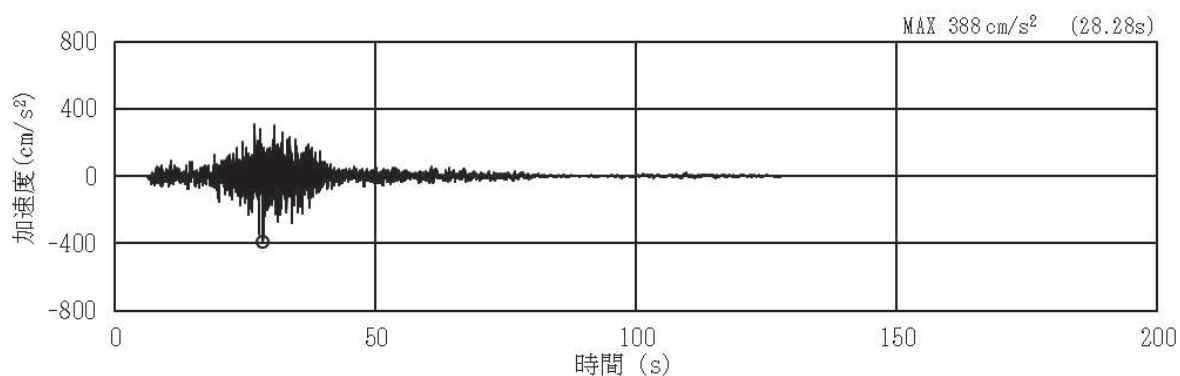


(a) 加速度時刻歴波形

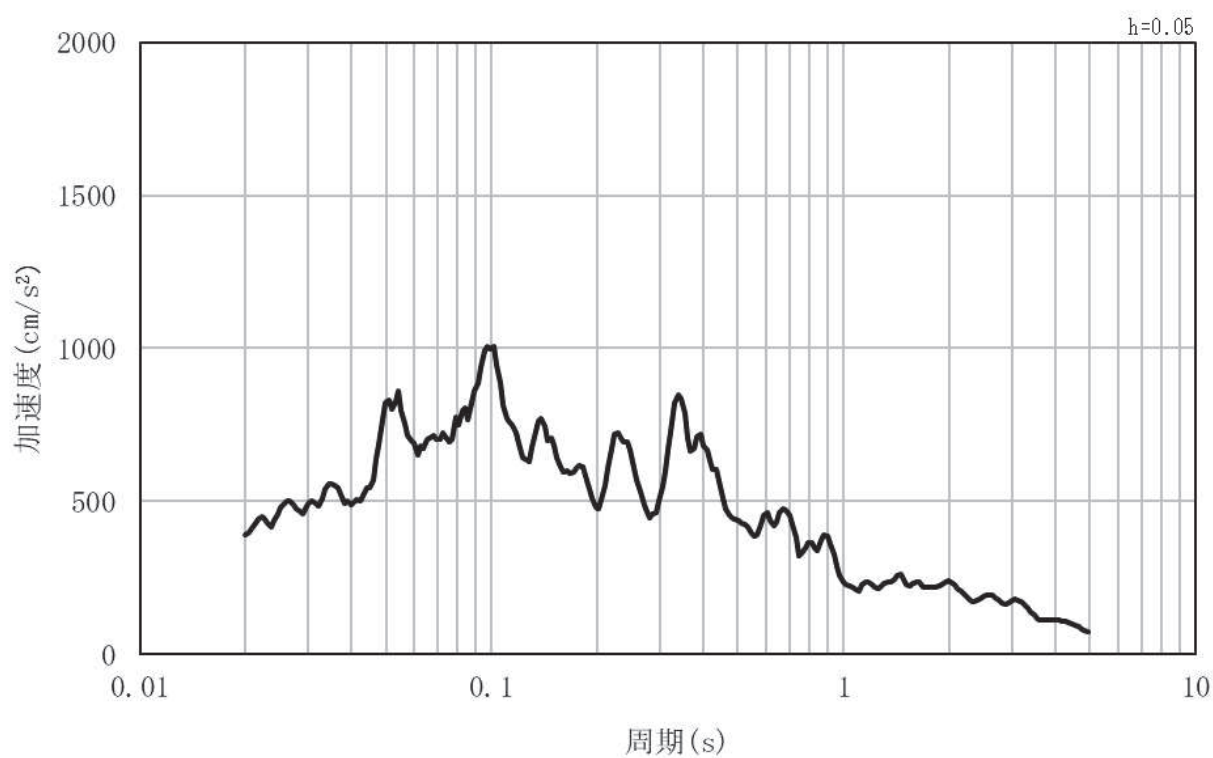


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(9) 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
(水平方向 : S s - F 2)

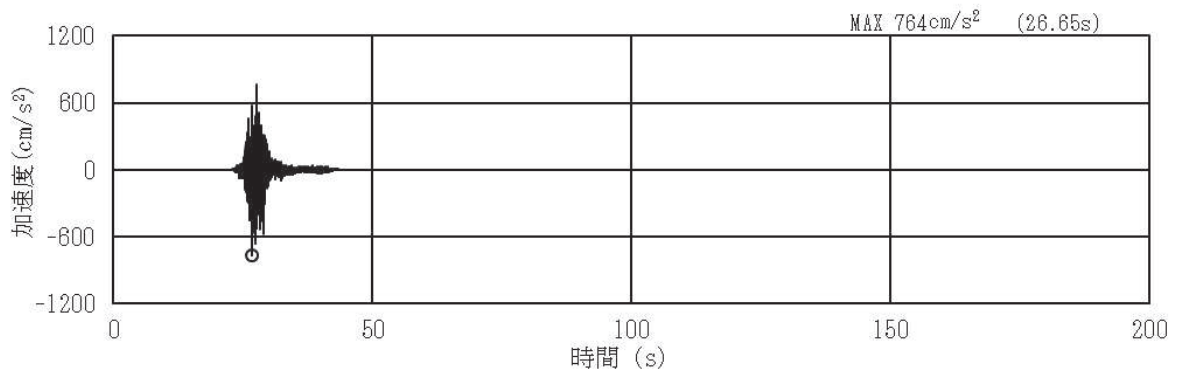


(a) 加速度時刻歴波形

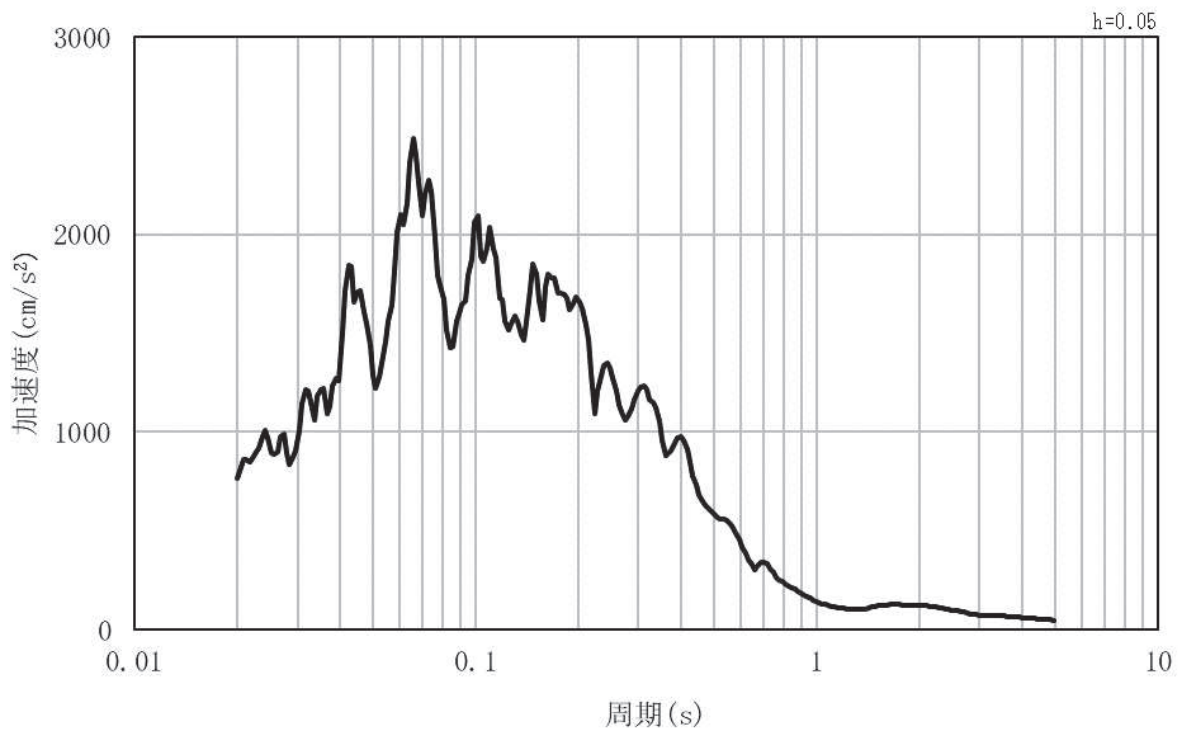


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(10) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 2)

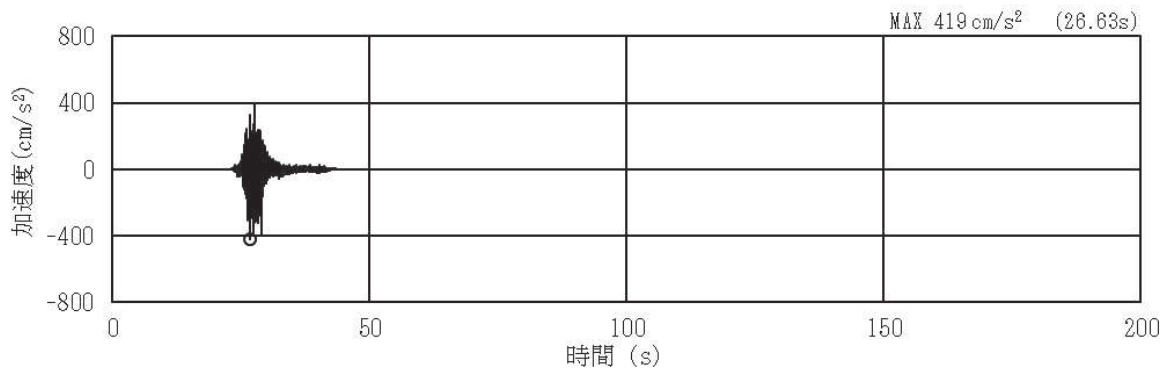


(a) 加速度時刻歴波形

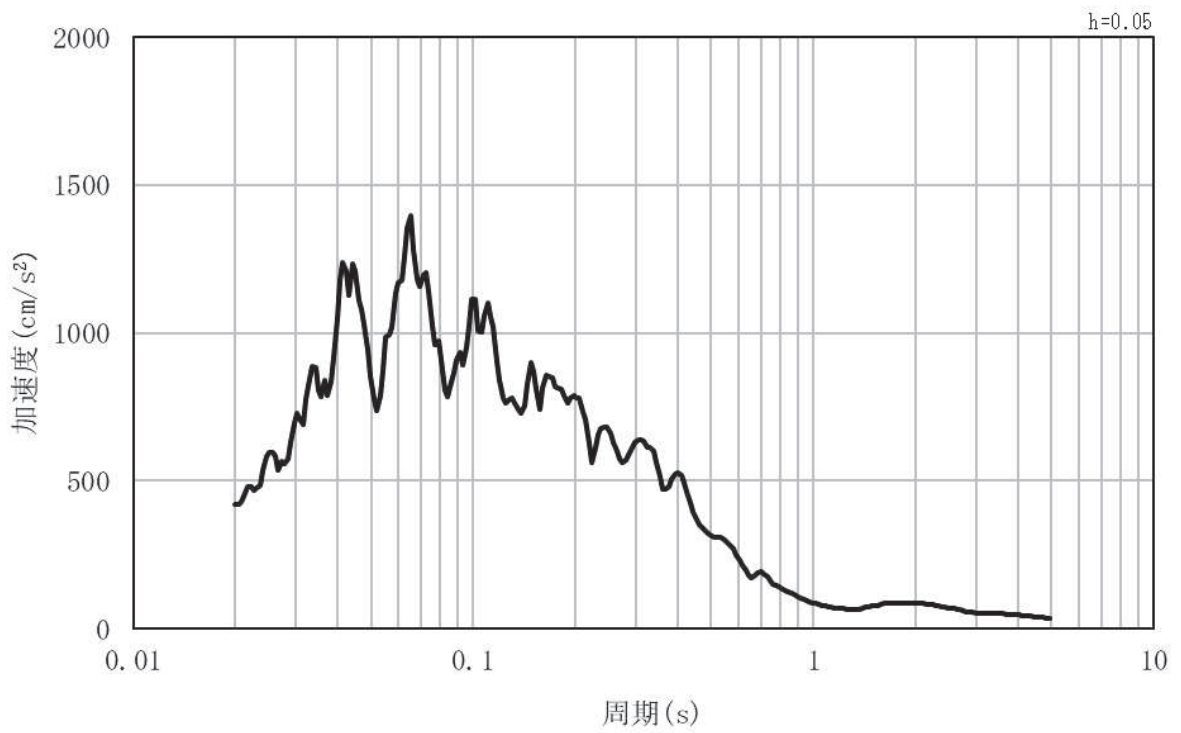


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(11) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : S s - F 3)

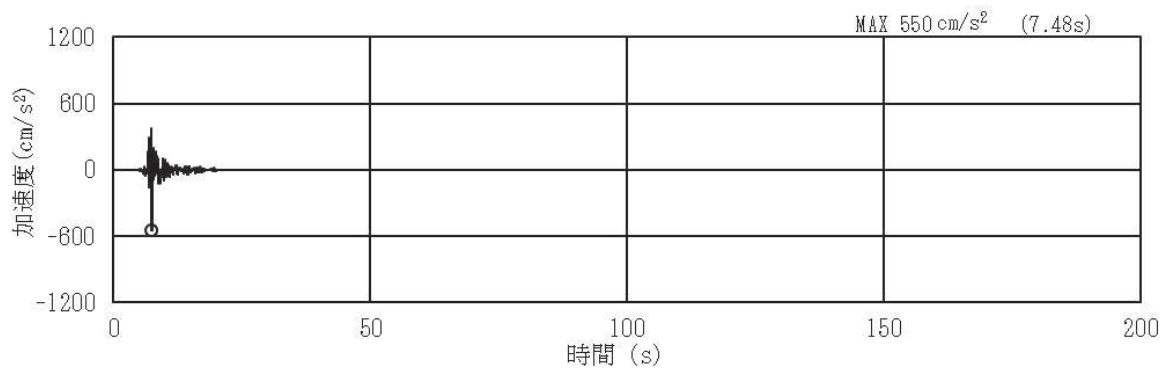


(a) 加速度時刻歴波形

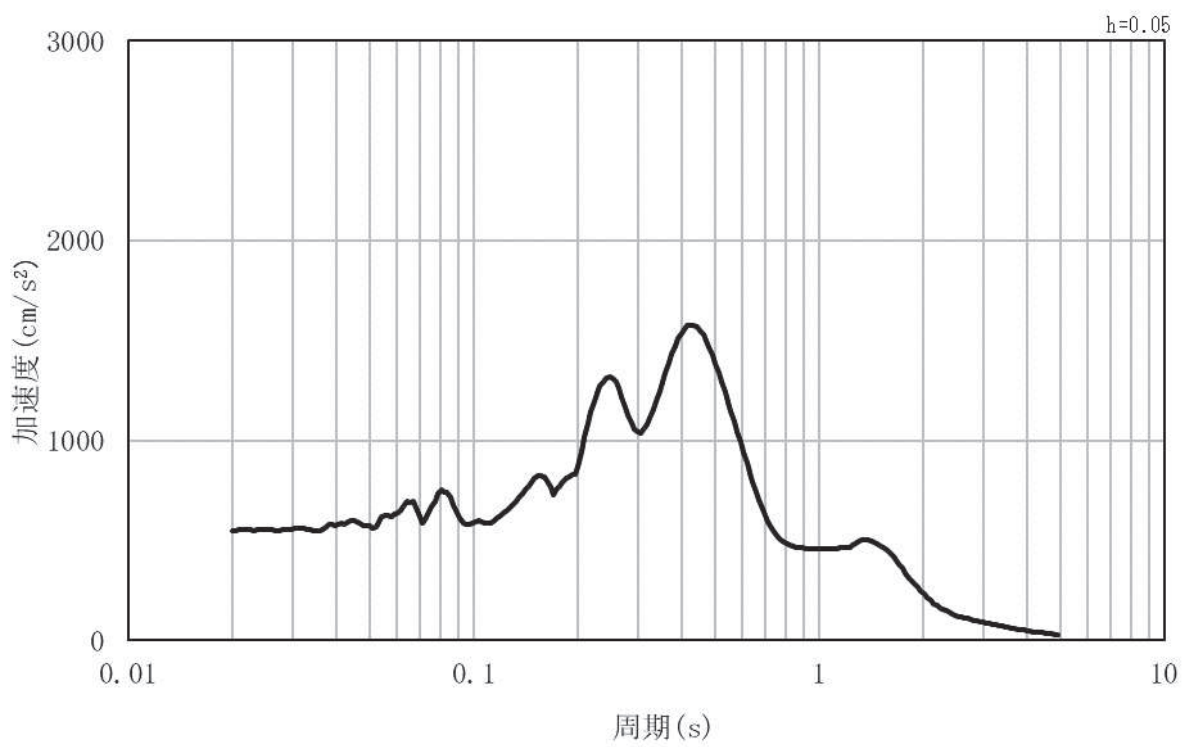


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(12) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 3)

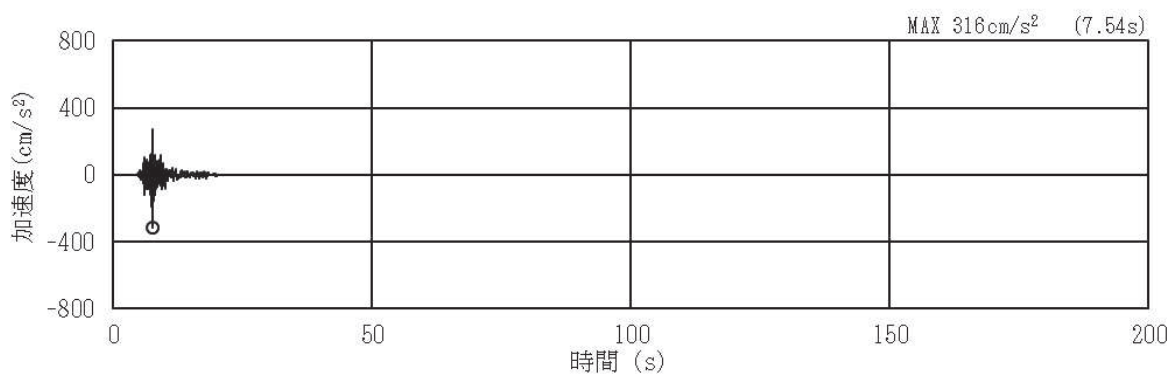


(a) 加速度時刻歴波形

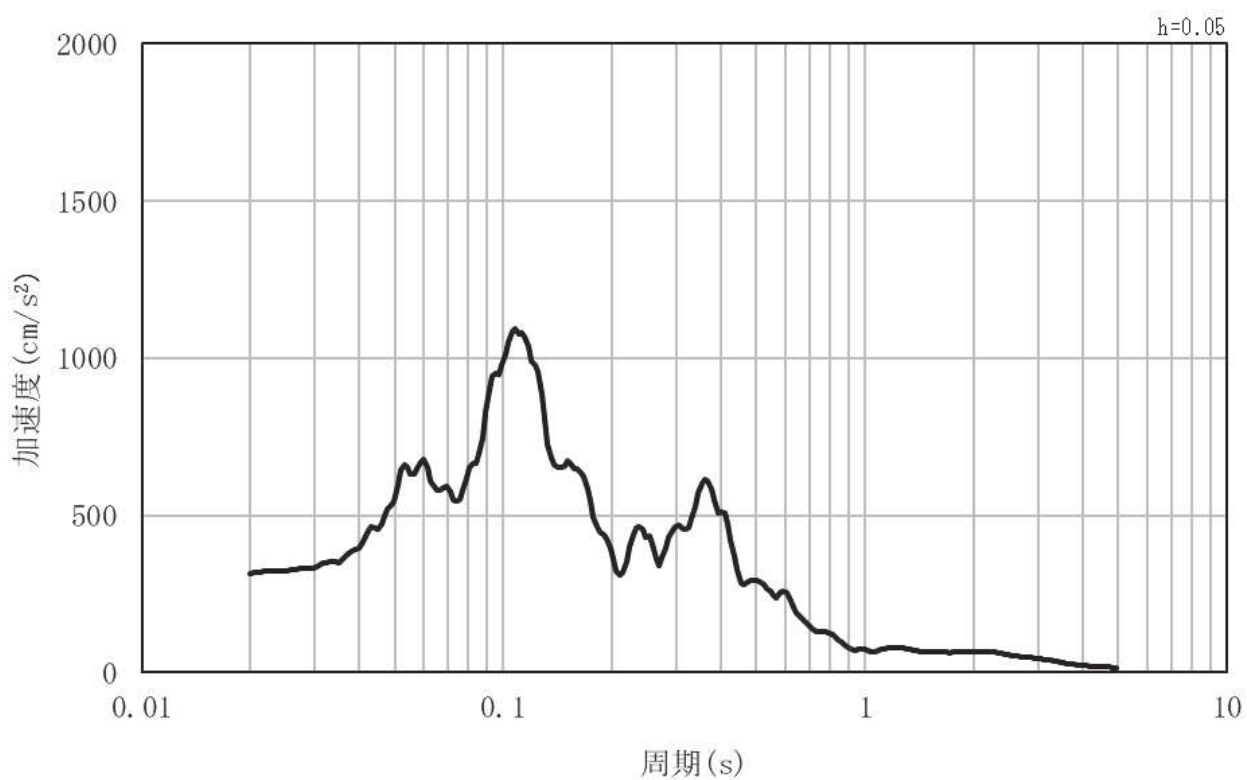


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(13) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s - N 1)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2(14) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 1)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

(1) 解析領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が構造物及び地盤の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分に広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1 - 1987 を参考に、図 3.5-1 のモデル範囲の考え方に示すとおり、モデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、構造物下端からモデル下端までの高さを構造物基礎幅の 2 倍以上とする。

なお、解析モデルの境界条件は、側面をエネルギー伝達境界、底面を粘性境界とする。

地盤の要素分割については、地盤の波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20Hz 及びせん断波速度 V_s で算定される波長の 5 または 4 分割、すなわち $V_s/100$ または $V_s/80$ を考慮し、設定する。

構造物の要素分割については、構造物に接する地盤の要素分割に合わせて設定する。

解析モデルの下端については、第 4 速度層及び第 5 速度層の分布に着目し、O.P. -101.0m までモデル化する。

二次元地震応答解析モデルは、検討対象構造物とその周辺地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地質構成を有する 1 次元地盤モデルである。

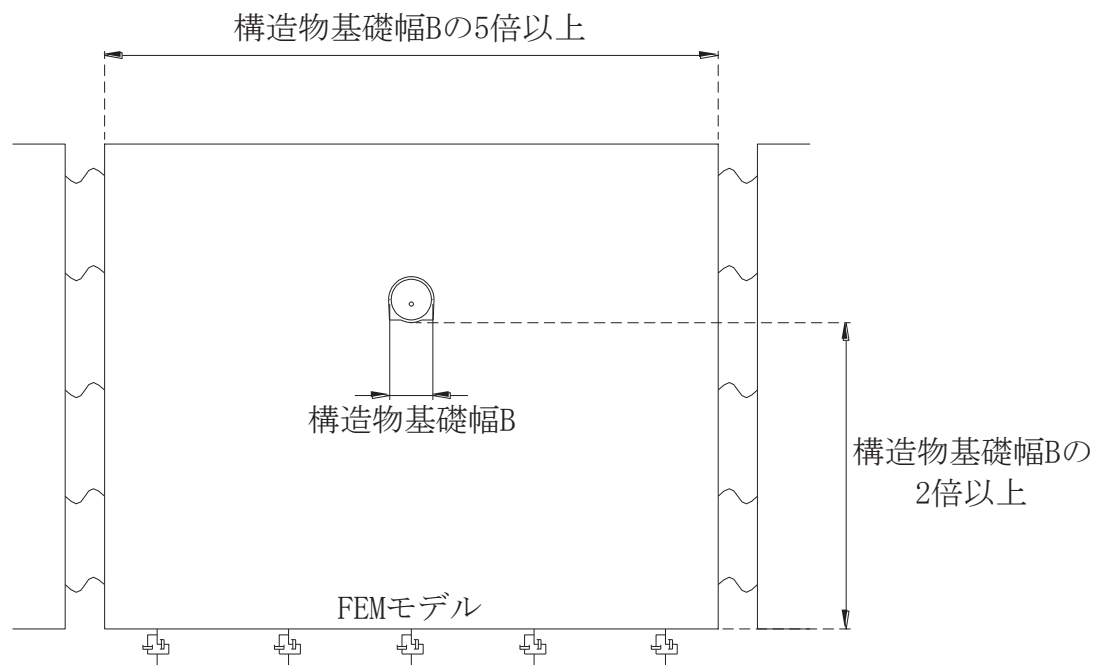


図 3.5-1 モデル範囲の考え方

(2) 境界条件

a. 常時応力解析時

常時応力解析は、構造物の自重等の静的な荷重を載荷することによる常時の応力を算定するために行う。常時応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重等による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。

常時応力解析における境界条件の概念図を図 3.5-2 に示す。

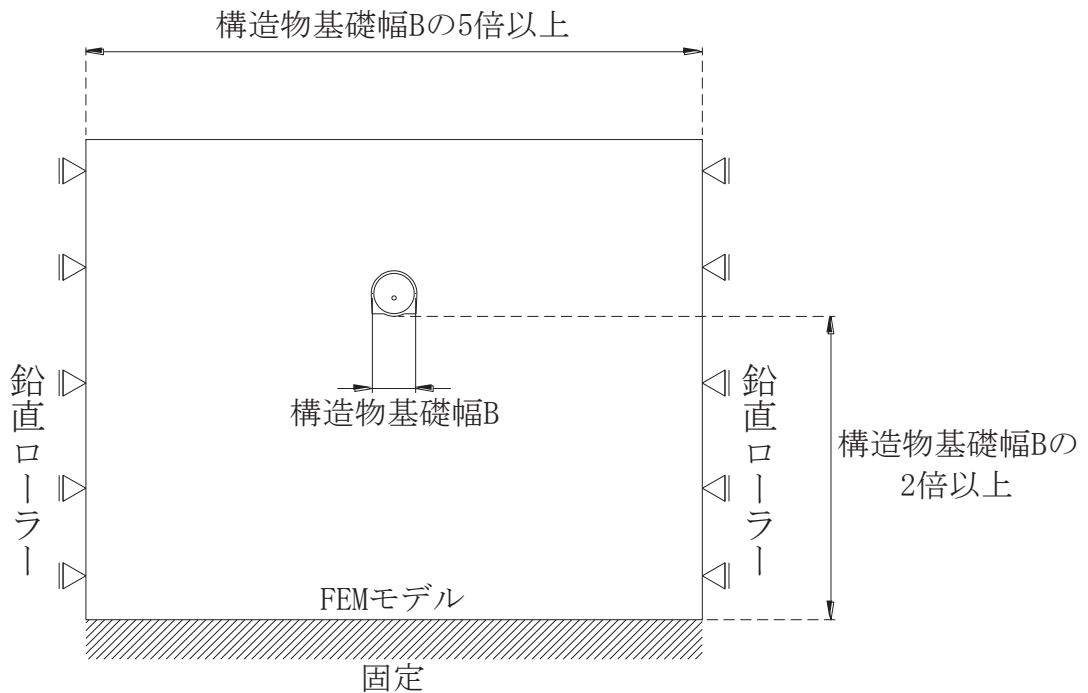


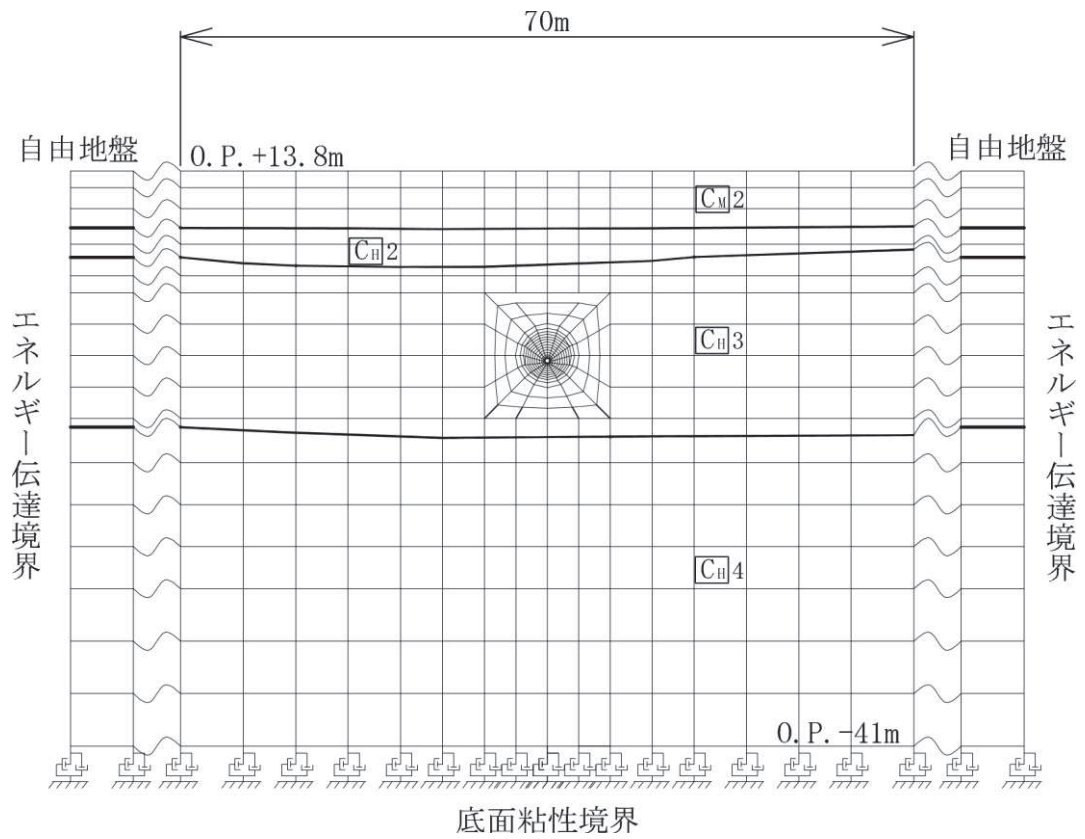
図 3.5-2 常時応力解析における境界条件の概念図

b. 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については、有限要素法における半無限地盤を模擬するため、底面に粘性境界、側方にエネルギー伝達境界を設ける。

底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方のエネルギー伝達境界については、自由地盤の地盤振動と不成型地盤側方の差分が側方を通過していく状態を模擬するものである。

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の地震応答解析モデルを図 3.5-3 に示す。



注) C_H5 は C_H 級岩盤の第5速度層を示す。

図 3.5-3 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の地震応答解析モデル

- (3) 構造物のモデル化
構造部材（覆工部及び充填部）は、平面ひずみ要素によりモデル化する。
- (4) 地盤のモデル化
地盤は、平面ひずみ要素でモデル化する。
- (5) 内水のモデル化
内水は、付加質量としてモデル化する。

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 3.5-1 に、材料の物性値を表 3.5-2 に示す。

表 3.5-1 使用材料

部位	材料	諸元
覆工部	コンクリート	設計基準強度： $f'_{ck} = 20.5\text{N/mm}^2$
充填部	コンクリート	設計基準強度： $f'_{ck} = 50.0\text{N/mm}^2$

表 3.5-2 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比 (-)
コンクリート ($f'_{ck} = 20.5\text{N/mm}^2$)	24.0 *	2.33×10^4 *	0.20 *
コンクリート ($f'_{ck} = 50.0\text{N/mm}^2$)	23.0 *	3.30×10^4 *	0.20 *

注記 * : コンクリート標準示方書 [設計編] (土木学会, 2017 年制定)。なお、覆工部は、耐震計算においては期待しないものの、鉄筋を有する構造であることを踏まえ、鉄筋コンクリートの単位体積重量を用いる。

3.5.3 地盤の物性値

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

3.5.4 地下水位

地下水位については、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従って設定した地表面とする。

3.6 評価対象部位

3.6.1 構造部材の健全性評価

構造部材の健全性評価に係る評価対象部位は、覆工部及び充填部とする。

3.6.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、覆工部を支持する岩盤とする。

3.7 許容限界

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

3.7.1 構造部材の健全性に対する許容限界

覆工部及び充填部に対する許容限界は、引張強度及びせん断強度である。

引張強度は「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定)」に基づき設定する。

覆工部及び充填部の許容限界を表 3.7-1 に示す。

表 3.7-1 覆工部及び充填部の許容限界 (引張強度)

部位	項目	許容限界 (N/mm ²)
覆工部	引張強度 σ_t	1.019
充填部	引張強度 σ_t	1.847

引張強度 σ_t の設定方法 (例: 充填部の場合)

$$\begin{aligned}\text{引張強度の限界値} \quad \sigma_t &= f_{td} / \gamma_b = (f_{tk} / \gamma_c) / \gamma_b \\ &= (0.23 \times 50^{2/3} / 1.3) / 1.3 \\ &= 1.847 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

ここに,

f_{td} : 設計引張強度 (= f_{tk} / γ_c)

f_{tk} : 引張強度 (= $0.23 \cdot f'_{ck}{}^{2/3}$)

f'_{ck} : 設計基準強度 (= 50 N/mm^2)

γ_b : 部材係数 (= 1.3)

γ_c : 材料係数 (= 1.3)

せん断強度に関する許容限界は、覆工部及び充填部に発生する応力と表 3.7-2 に示す物性値を用いて算定する。せん断強度は、「コンクリート標準示方書 (ダムコンクリート編)

(土木学会，2013年制定)」より算出する。なお，せん断強度の設定方法については，「補足 600-1【地盤の支持性能について】参考資料 23 MMR のせん断強度について」に示すとおり，試験及び既往文献により妥当性が確認されており，打継処理の管理をした上で施工することから，上記設定は妥当であると考えられる。

表 3.7-2 覆工部及び充填部の許容限界（せん断強度）

項目			覆工部	充填部
設計基準強度	$f' c k$	N/mm^2	20.5	50.0
内部摩擦角	ϕ	°	0 ^{*1}	0 ^{*1}
せん断強度	τ_0	N/mm^2	4.1 ^{*2}	10.0 ^{*2}

注記 *1：保守的に考慮しないこととする

*2： $\tau_0 = 1/5 q u \rightarrow \tau_0 = 0.2 f' c k$

3.7.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

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

基礎地盤の極限支持力を表 3.7-3 に示す。

表 3.7-3 基礎地盤の許容限界

項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm^2)
極限支持力	狐崎部層	13.7

3.8 評価方法

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の耐震評価は、地震応答解析により算定した照査用応答値が、「3.7 許容限界」において設定した許容限界以下であることを確認する。

3.8.1 構造部材の健全性評価

地震応答解析により算定した覆工及び充填部の応力が、引張強度及びせん断強度の許容限界以下となることを確認する。

耐震評価においては、すべての基準地震動 S_s に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。

また、解析ケース①において、引張破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の照査値がそれぞれ最大となる最も厳しい地震動を用いて、表 3.2-1 に示す解析ケース②、③を実施する。

引張強度における照査値を表 3.8-1 に、せん断強度における照査値を表 3.8-2 に、支持力における照査値を表 3.8-3 に示す。

また、引張強度における照査値が最大となる時刻の応力分布図を図 3.8-1 に、せん断強度における照査値が最大となる時刻の応力分布図を図 3.8-2 に示す。また、各解析ケースの基準地震動に対する設置圧の分布を図 3.8-3 に示す。

表 3.8-1(1) 引張強度における照査値（覆工部）

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ
地震動(位相)	S _s -D1	++	0.46		
		-+	0.46		
	S _s -D2	++	0.51		
		-+	0.52		
	S _s -D3	++	0.45		
		-+	0.46		
	S _s -F1	++	0.39		
		-+	0.39		
	S _s -F2	++	0.52		
		-+	0.53		
	S _s -F3	++	0.61		
		-+	0.62	0.60	0.61
	S _s -N1	++	0.37		
		-+	0.36		

表 3.8-1(2) 引張強度における照査値（充填部）

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ
地震動(位相)	S _s -D1	++	0.50		
		-+	0.50		
	S _s -D2	++	0.57		
		-+	0.57		
	S _s -D3	++	0.49		
		-+	0.50		
	S _s -F1	++	0.42		
		-+	0.43		
	S _s -F2	++	0.57		
		-+	0.57		
	S _s -F3	++	0.67		
		-+	0.68	0.66	0.67
	S _s -N1	++	0.41		
		-+	0.40		

表 3.8-2(1) せん断強度における照査値（覆工部）

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ
地震動(位相)	S _s -D1	++	0.11		
		-+	0.11		
	S _s -D2	++	0.12		
		-+	0.12		
	S _s -D3	++	0.12		
		-+	0.12		
	S _s -F1	++	0.10		
		-+	0.10		
	S _s -F2	++	0.12		
		-+	0.12		
	S _s -F3	++	0.14		
		-+	0.14	0.14	0.14
	S _s -N1	++	0.10		
		-+	0.10		

表 3.8-2(2) せん断強度における照査値（充填部）

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ
地震動(位相)	S _s -D1	++	0.06		
		-+	0.06		
	S _s -D2	++	0.06		
		-+	0.06		
	S _s -D3	++	0.06		
		-+	0.06		
	S _s -F1	++	0.05		
		-+	0.05		
	S _s -F2	++	0.06		
		-+	0.06		
	S _s -F3	++	0.07		
		-+	0.07	0.07	0.07
	S _s -N1	++	0.05		
		-+	0.05		

表 3.8-3 支持力における照査値

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ
地震動(位相)	S _s -D1	++	0.03		
		-+	0.03		
	S _s -D2	++	0.03		
		-+	0.03		
	S _s -D3	++	0.03		
		-+	0.03		
	S _s -F1	++	0.03		
		-+	0.03		
	S _s -F2	++	0.03		
		-+	0.03		
	S _s -F3	++	0.03		
		-+	0.03	0.03	0.03
	S _s -N1	++	0.03		
		-+	0.03		

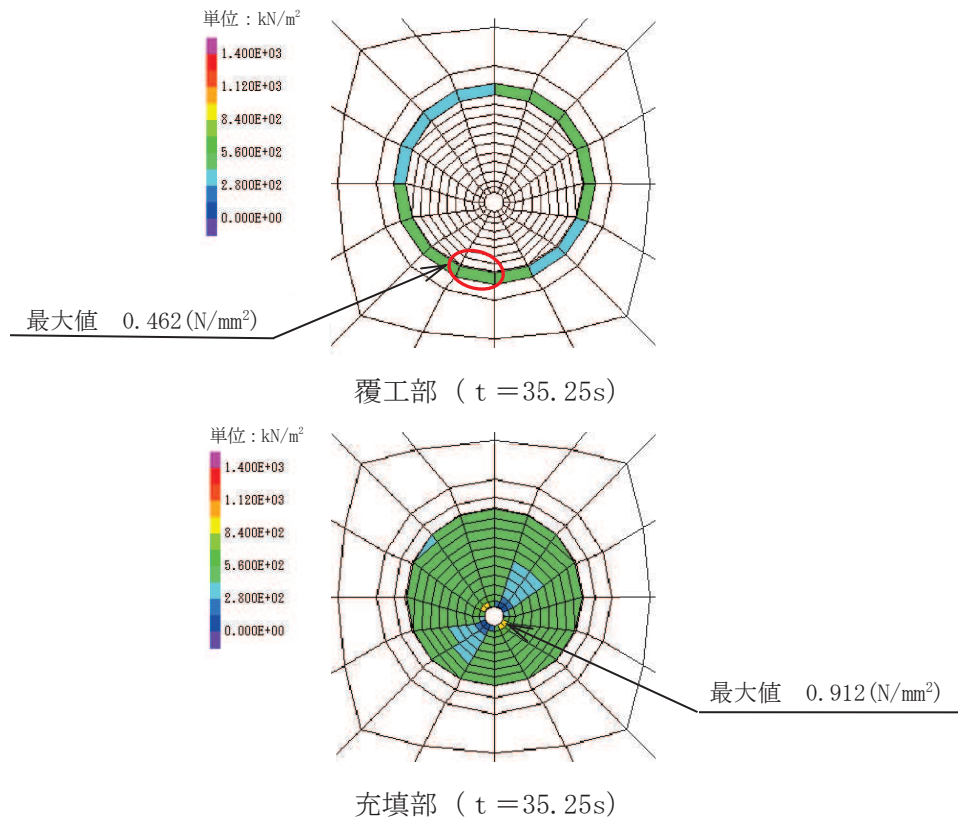


図 3.8-1(1) 解析ケース① 基準地震動 S_s-D1 (++) に対する引張強度の応力分布図

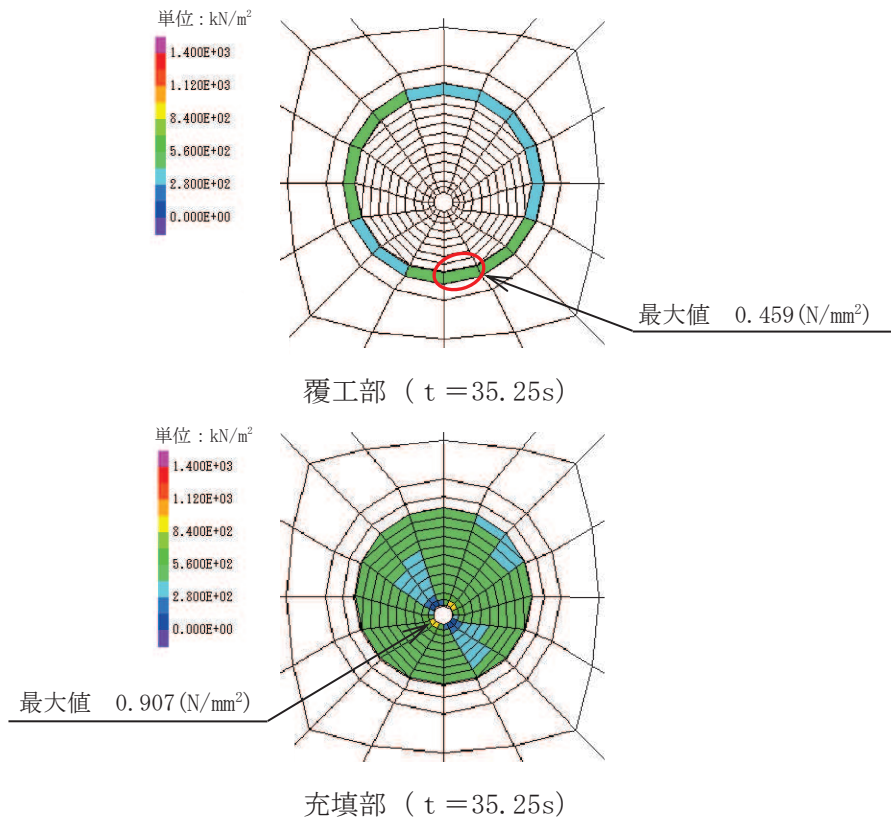
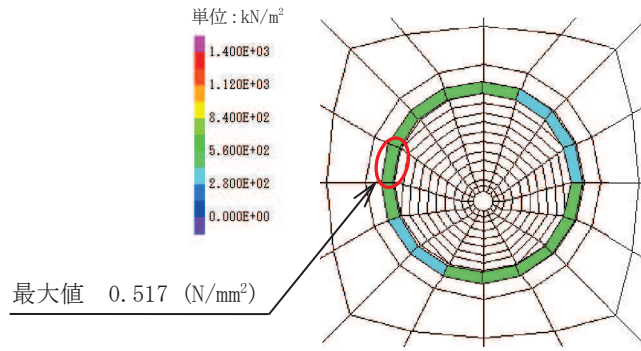
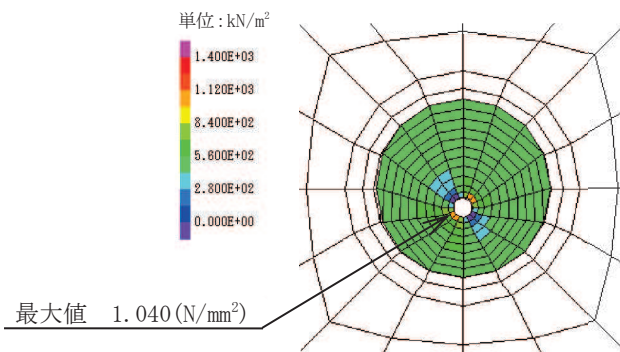


図 3.8-1(2) 解析ケース① 基準地震動 S_s-D1 (-+) に対する引張強度の応力分布図

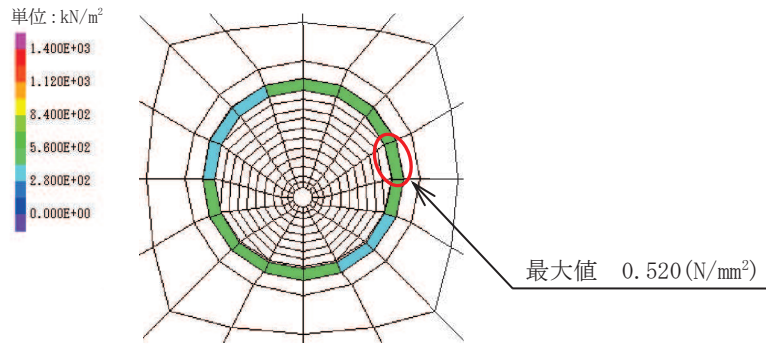


覆工部 (t = 17.77s)

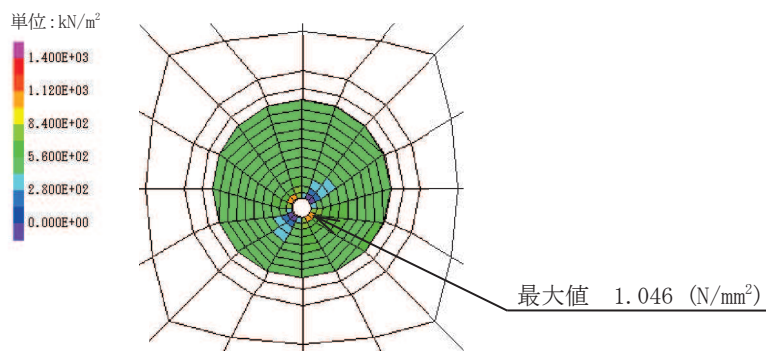


充填部 (t = 17.77s)

図 3.8-1(3) 解析ケース① 基準地震動 S_s-D2 (++) に対する引張強度の応力分布図



覆工部 (t = 17.77s)



充填部 (t = 17.77s)

図 3.8-1(4) 解析ケース① 基準地震動 S_s-D2 (-+) に対する引張強度の応力分布図

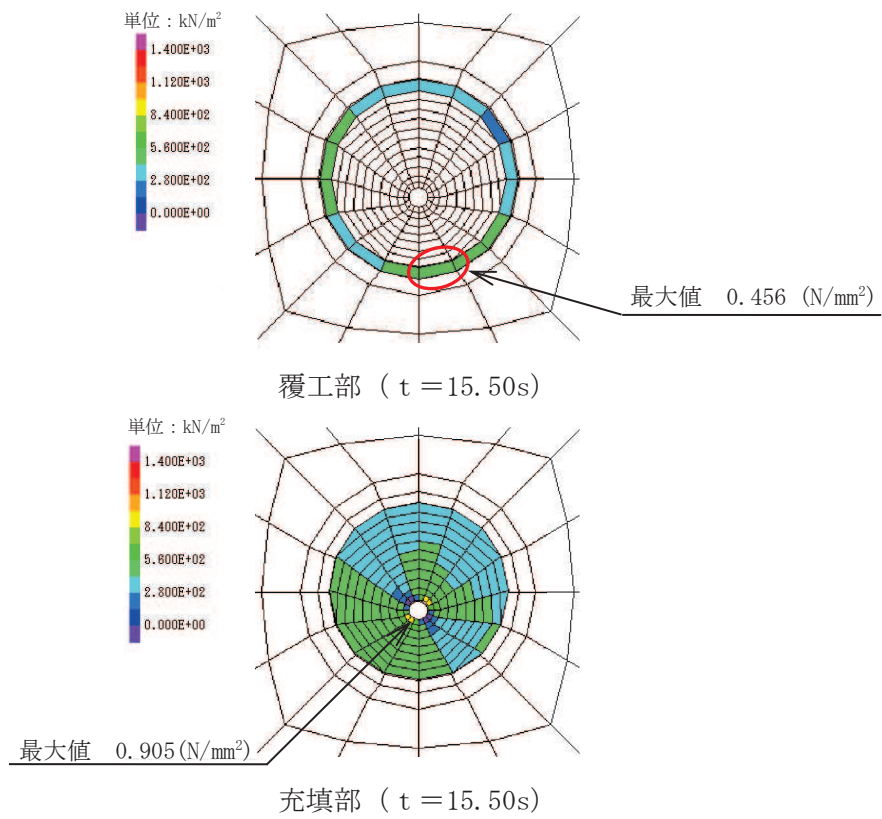


図 3.8-1(5) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - D3$ (++) に対する引張強度の応力分布図

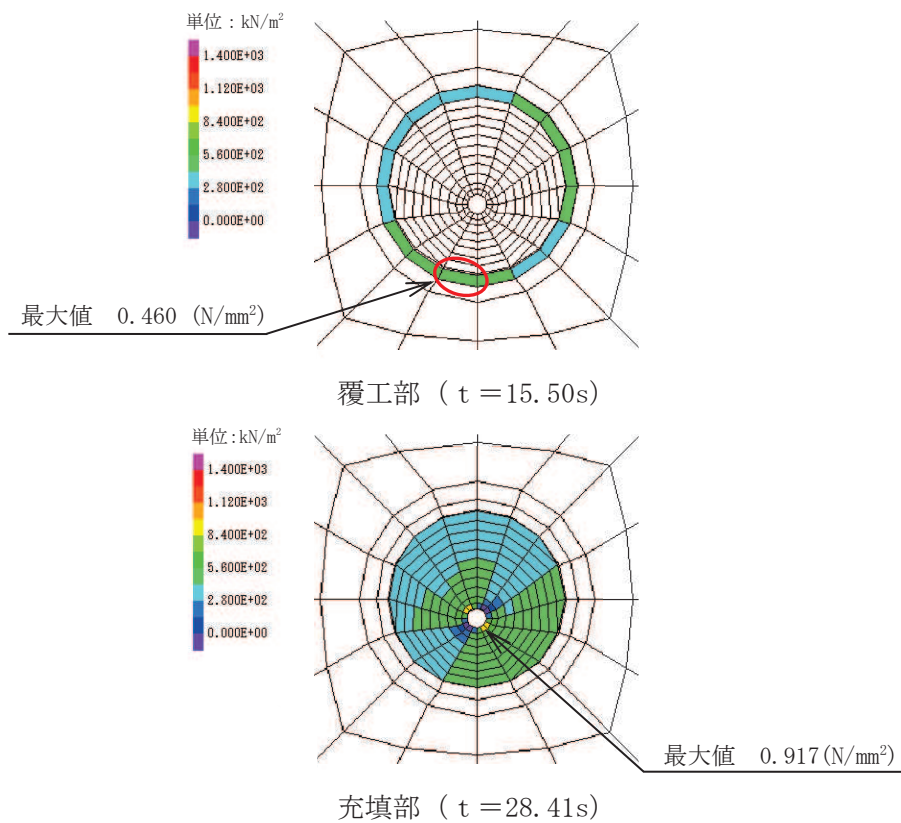


図 3.8-1(6) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - D3$ (-+) に対する引張強度の応力分布図

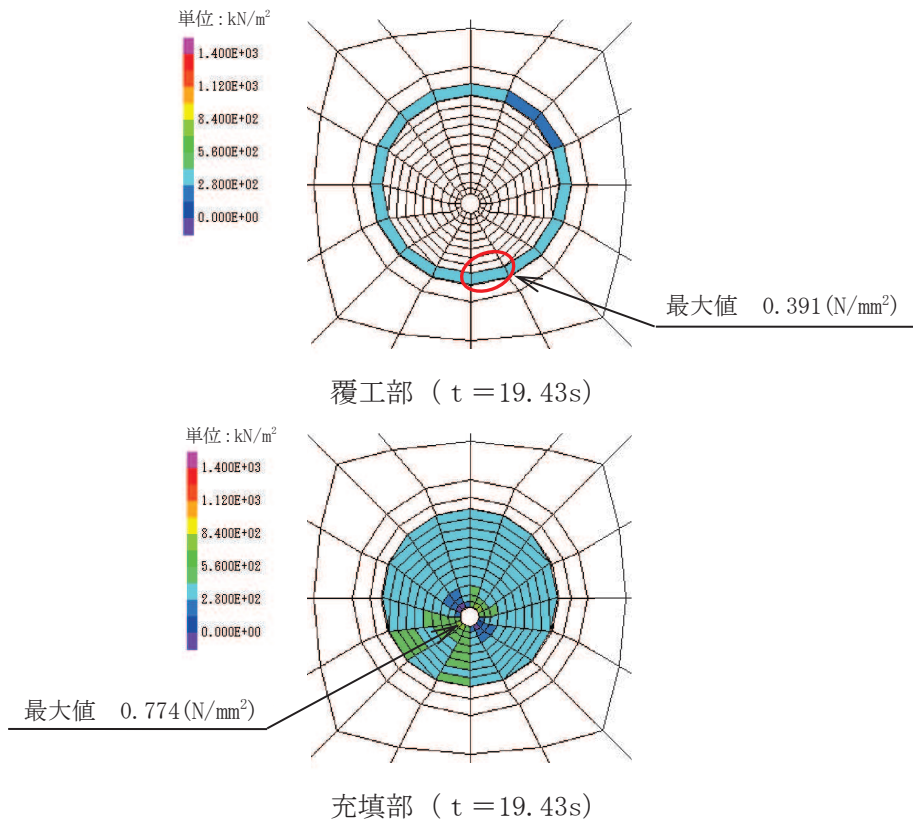


図 3.8-1(7) 解析ケース① 基準地震動 S_s-F1 (++) に対する引張強度の応力分布図

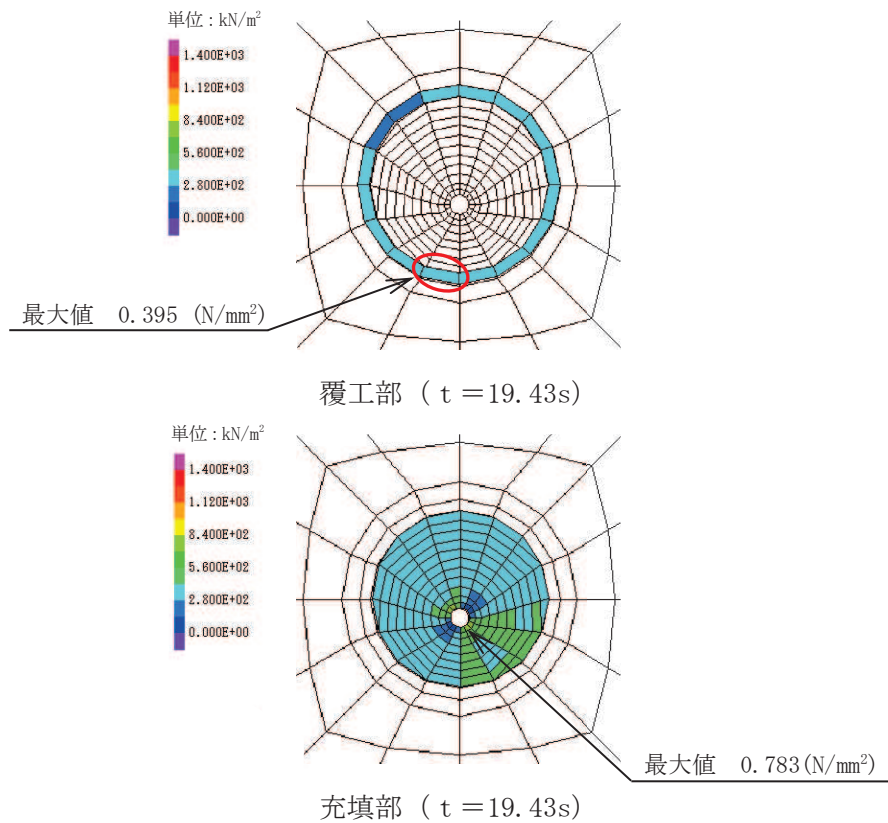


図 3.8-1(8) 解析ケース① 基準地震動 S_s-F1 (-+) に対する引張強度の応力分布図

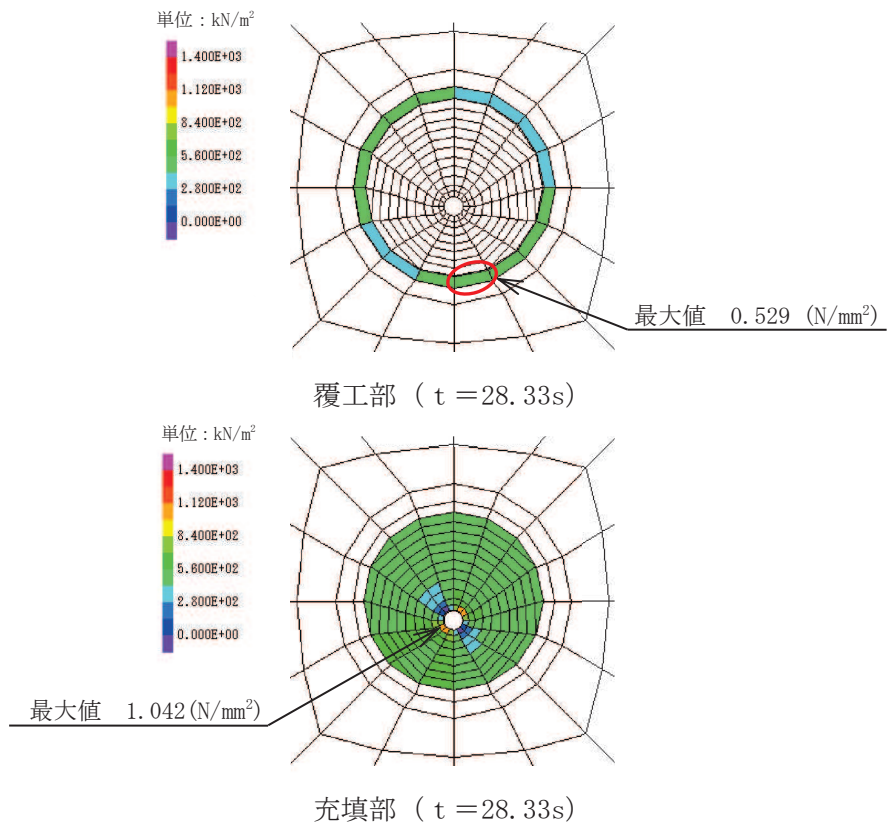


図 3.8-1(9) 解析ケース① 基準地震動 S_s-F₂ (++) に対する引張強度の応力分布図

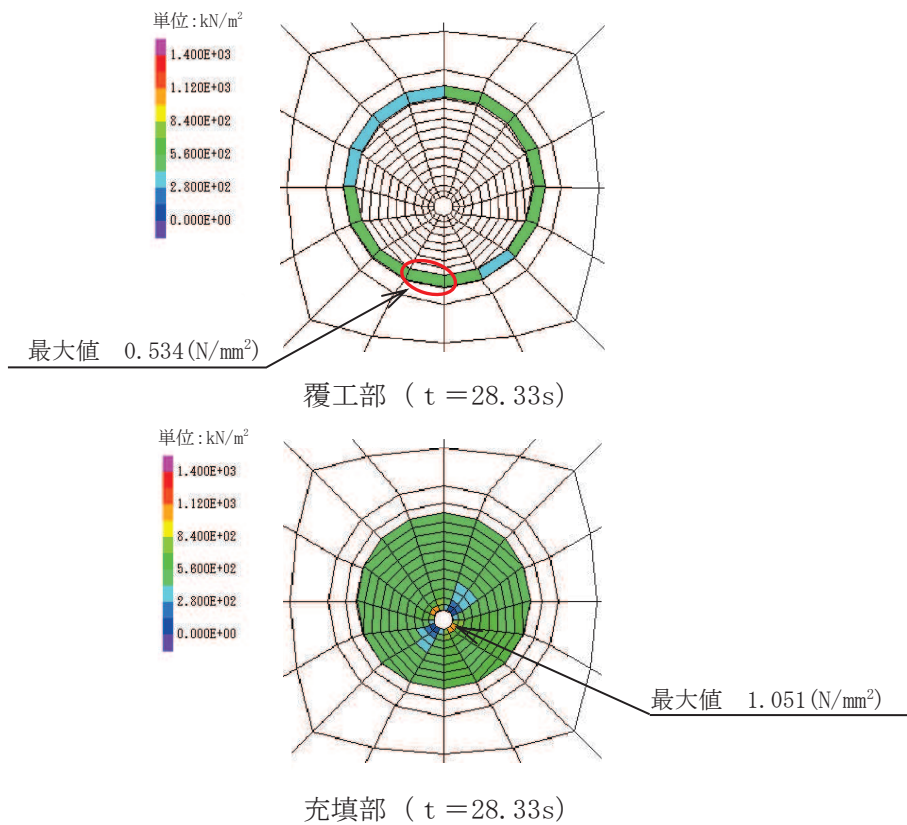


図 3.8-1(10) 解析ケース① 基準地震動 S_s-F₂ (-+) に対する引張強度の応力分布図

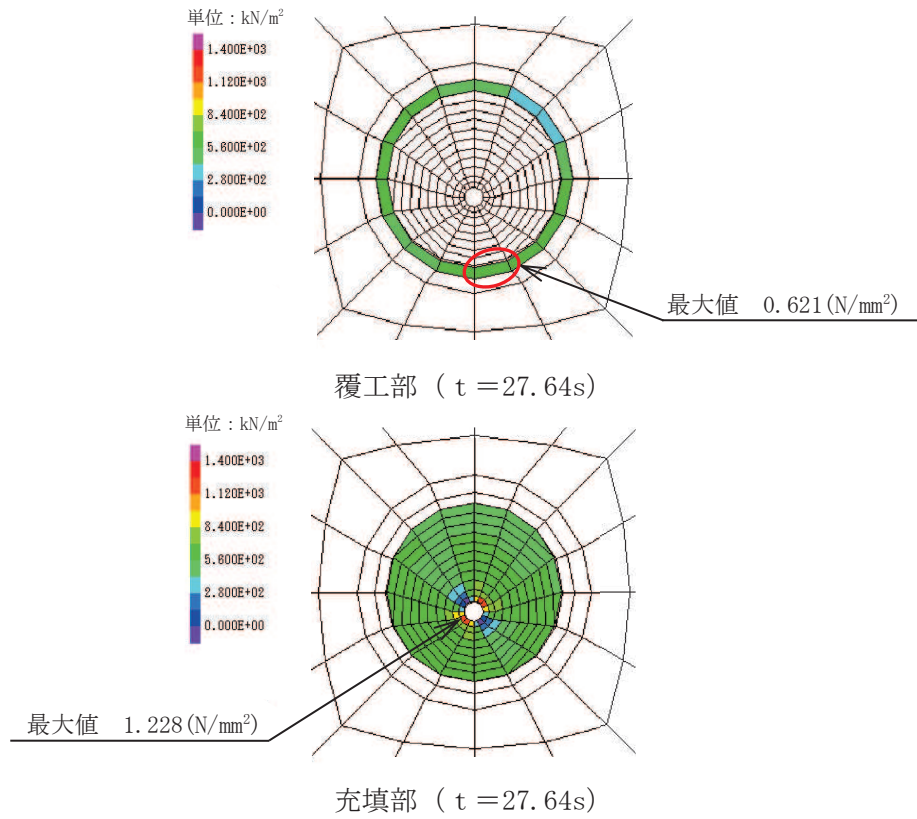


図 3.8-1(11) 解析ケース① 基準地震動 S_s-F₃ (++) に対する引張強度の応力分布図

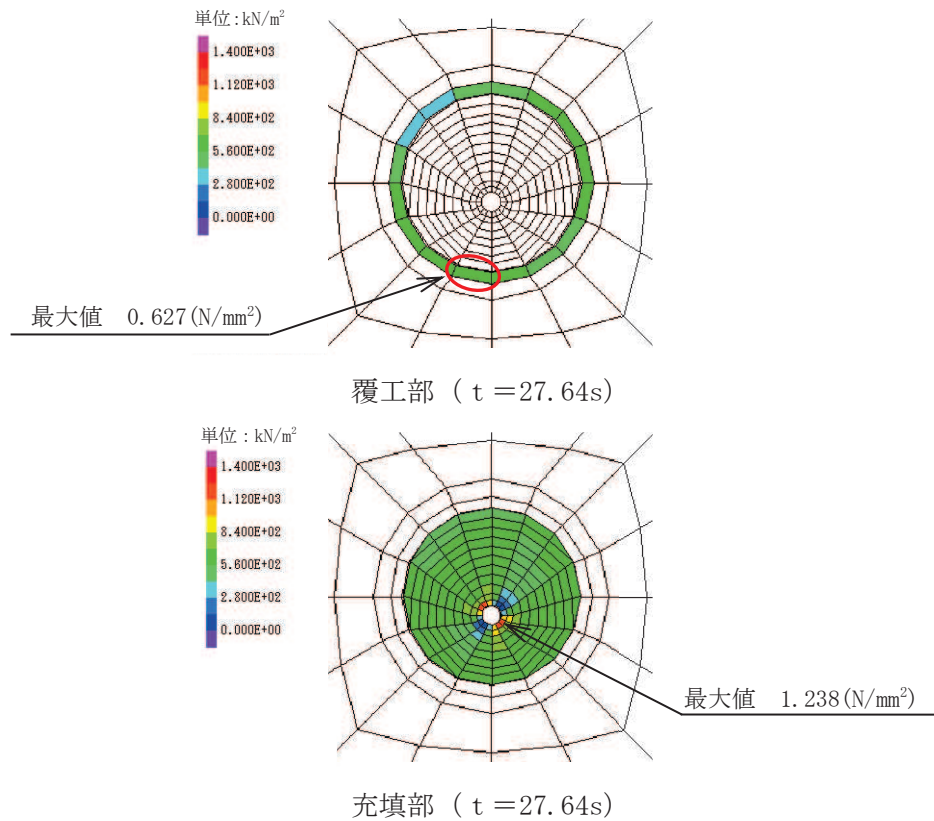


図 3.8-1(12) 解析ケース① 基準地震動 S_s-F₃ (-+) に対する引張強度の応力分布図

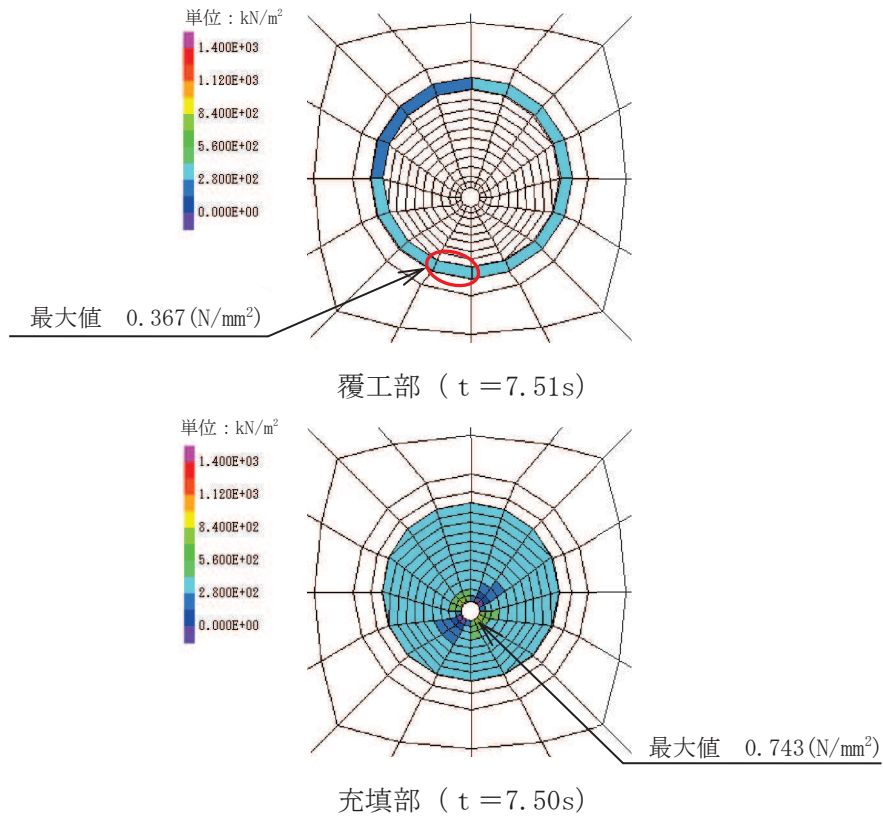


図 3.8-1(13) 解析ケース① 基準地震動 S_s-N1 (+) に対する引張強度の応力分布図

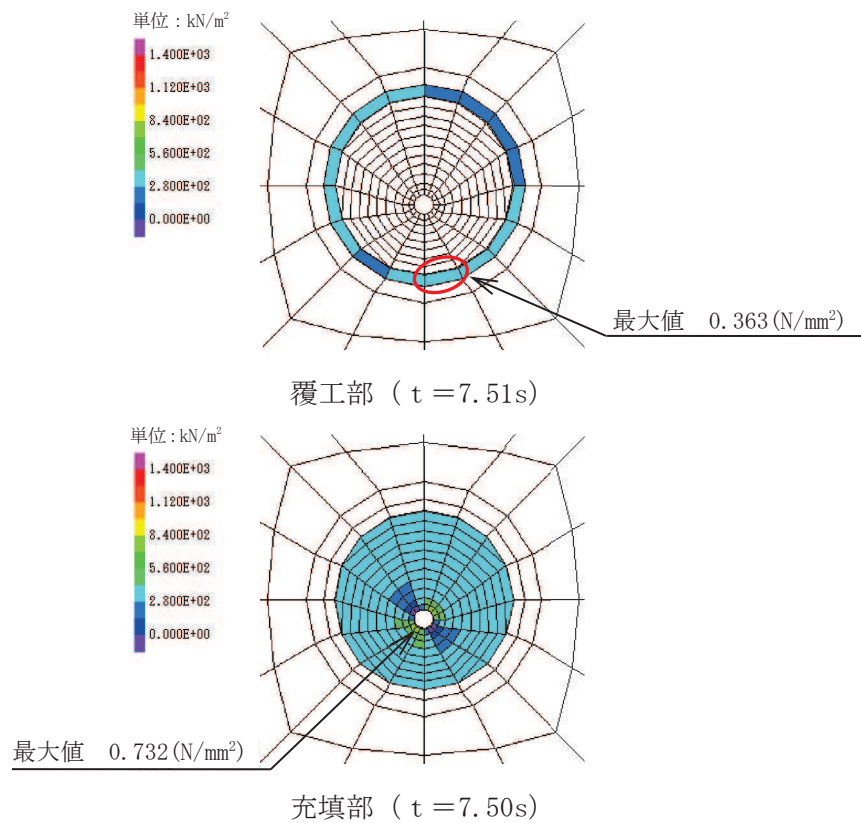


図 3.8-1(14) 解析ケース① 基準地震動 S_s-N1 (-) に対する引張強度の応力分布図

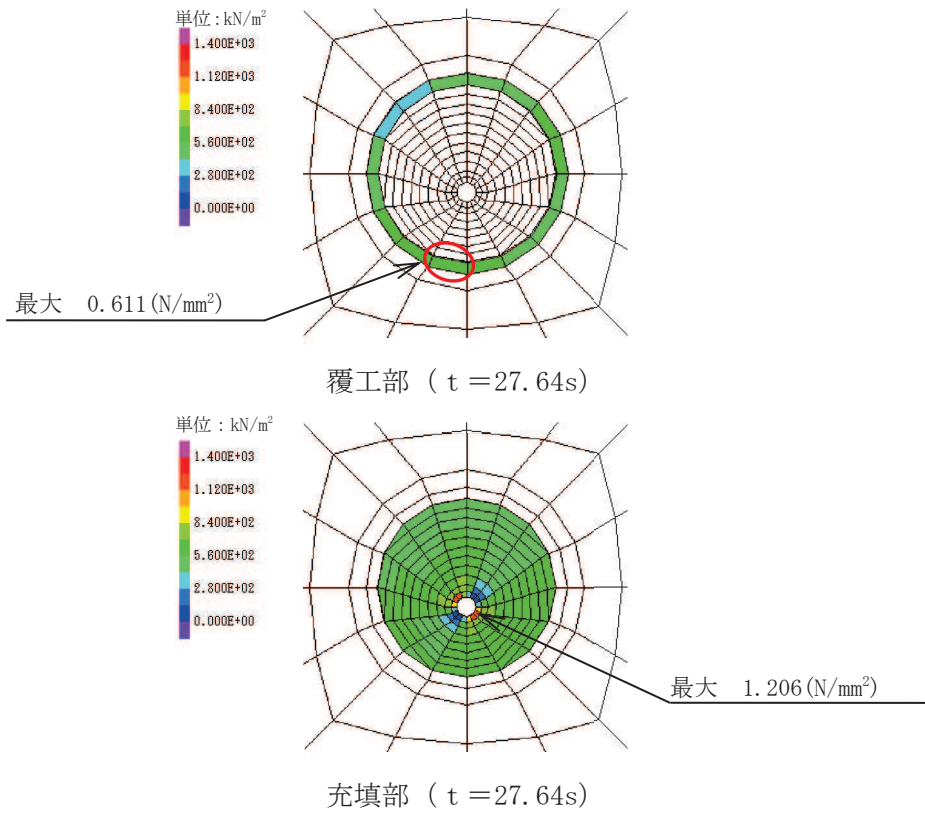


図 3.8-1(15) 解析ケース② 基準地震動 S_s-F3 (-+) に対する引張強度の応力分布図

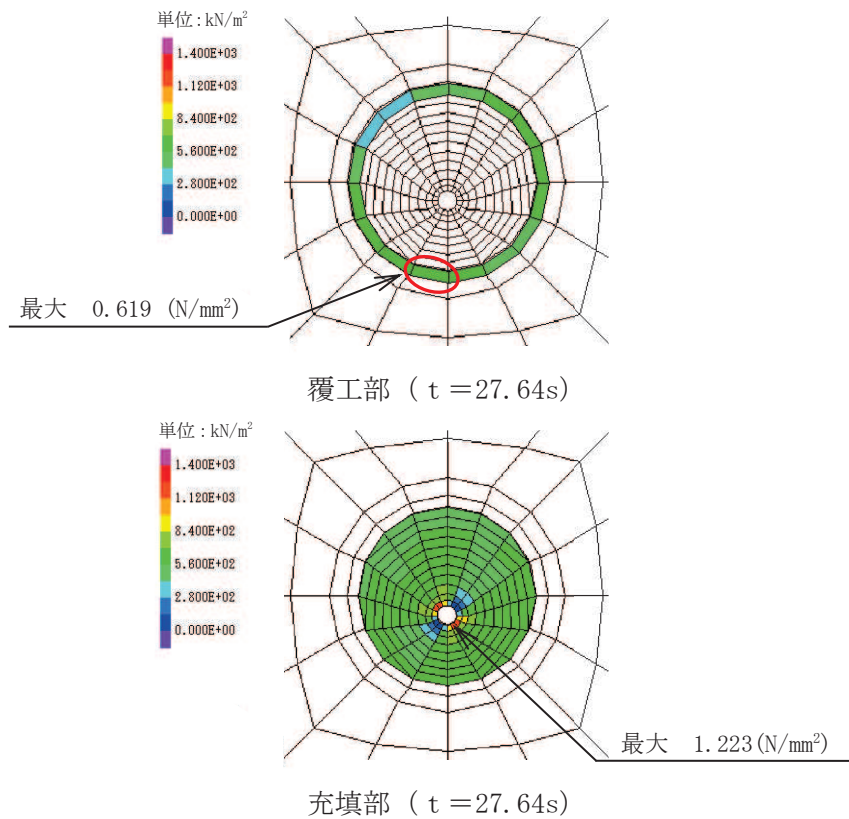


図 3.8-1(16) 解析ケース③ 基準地震動 S_s-F3 (-+) に対する引張強度の応力分布図

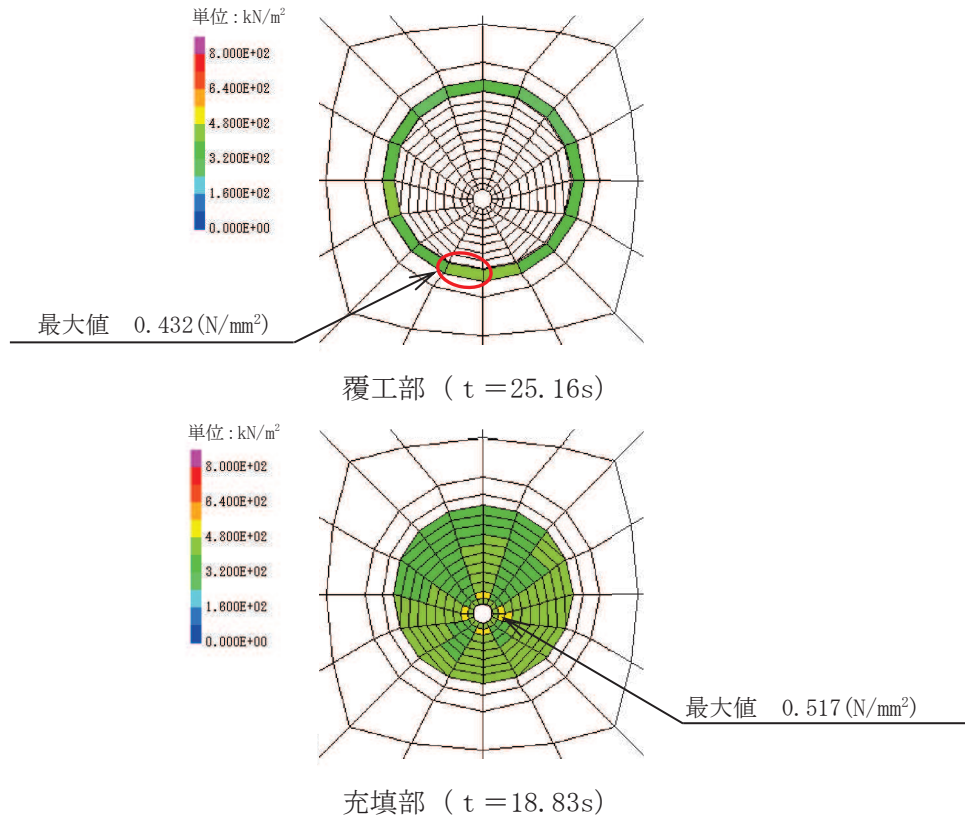


図 3.8-2(1) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - D1 (+ +)$ に対するせん断強度の応力分布図

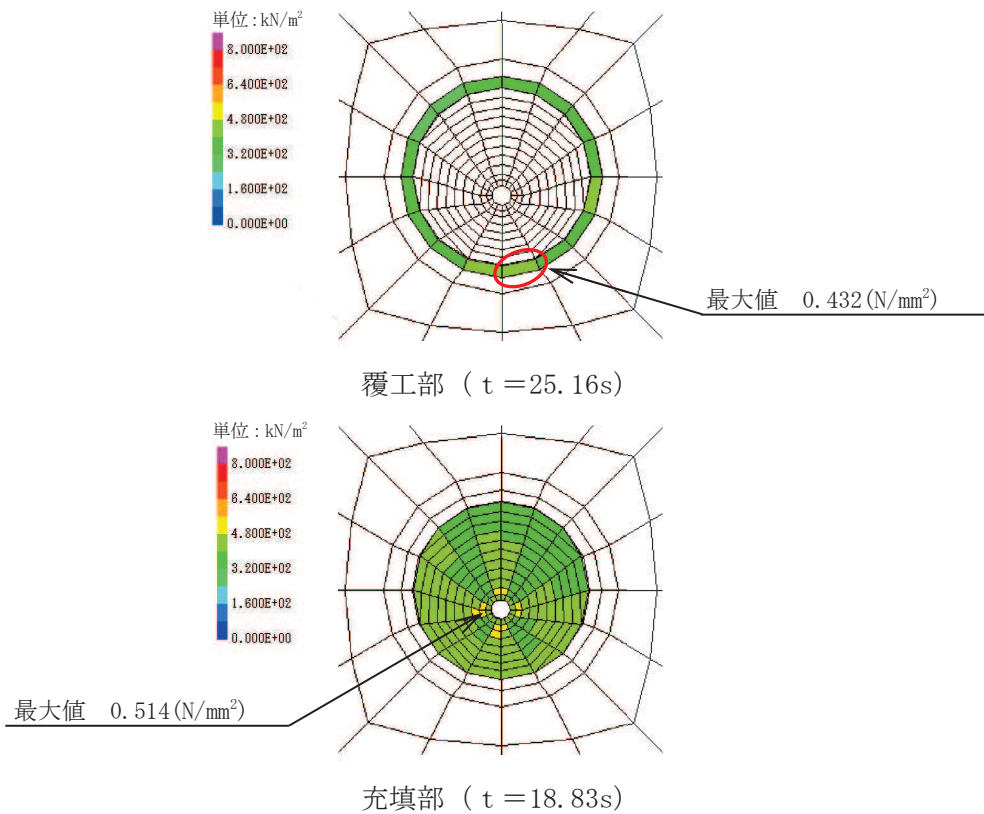
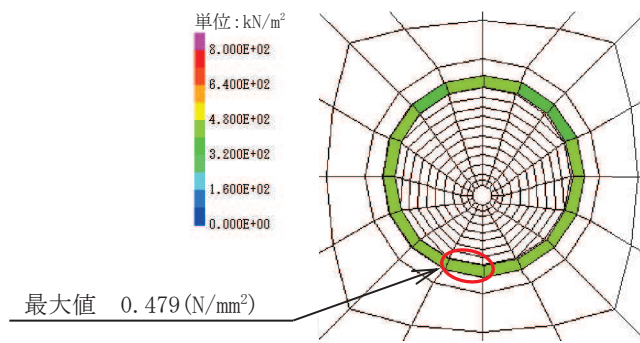
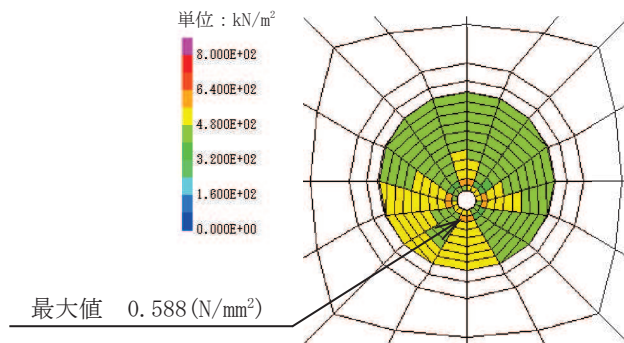


図 3.8-2(2) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - D1 (- +)$ に対するせん断強度の応力分布図

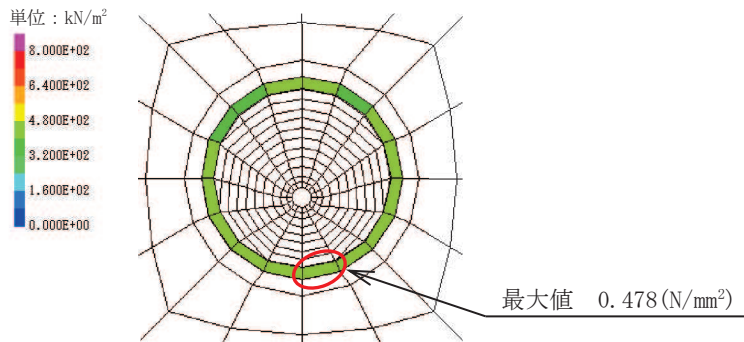


覆工部 ($t = 17.77\text{s}$)

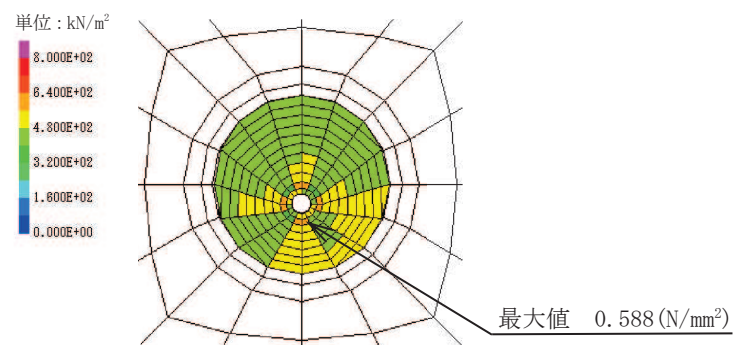


充填部 ($t = 17.77\text{s}$)

図 3.8-2(3) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - D2 (+ +)$ に対するせん断強度の応力分布図

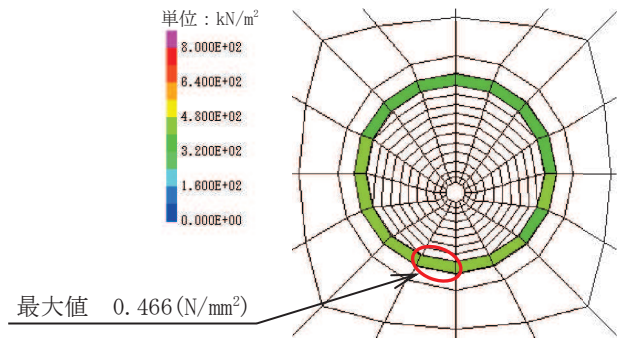


覆工部 ($t = 17.77\text{s}$)

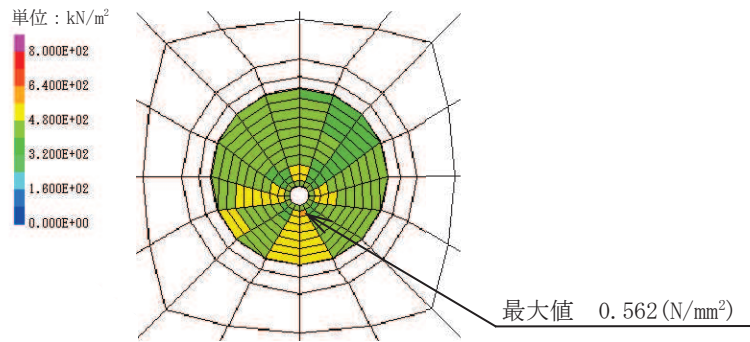


充填部 ($t = 17.77\text{s}$)

図 3.8-2(4) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - D2 (- +)$ に対するせん断強度の応力分布図

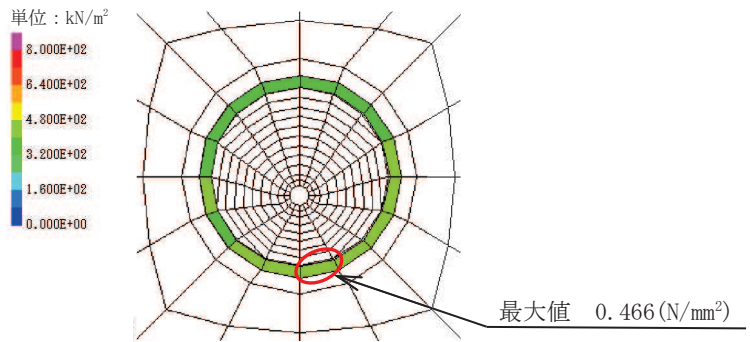


覆工部 (t = 28.41s)

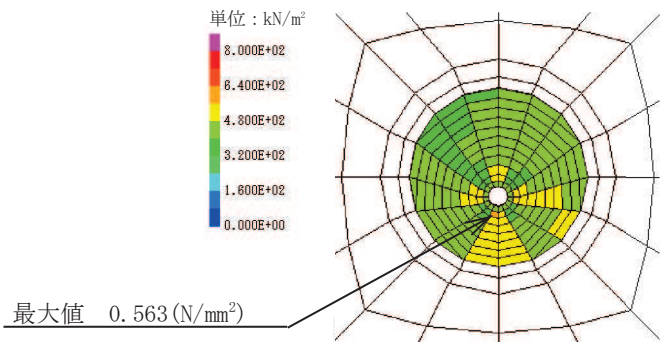


充填部 (t = 28.41s)

図 3.8-2(5) 解析ケース① 基準地震動 S s - D 3 (++) に対するせん断強度の応力分布図



覆工部 (t = 28.41s)



充填部 (t = 28.41s)

図 3.8-2(6) 解析ケース① 基準地震動 S s - D 3 (-+) に対するせん断強度の応力分布図

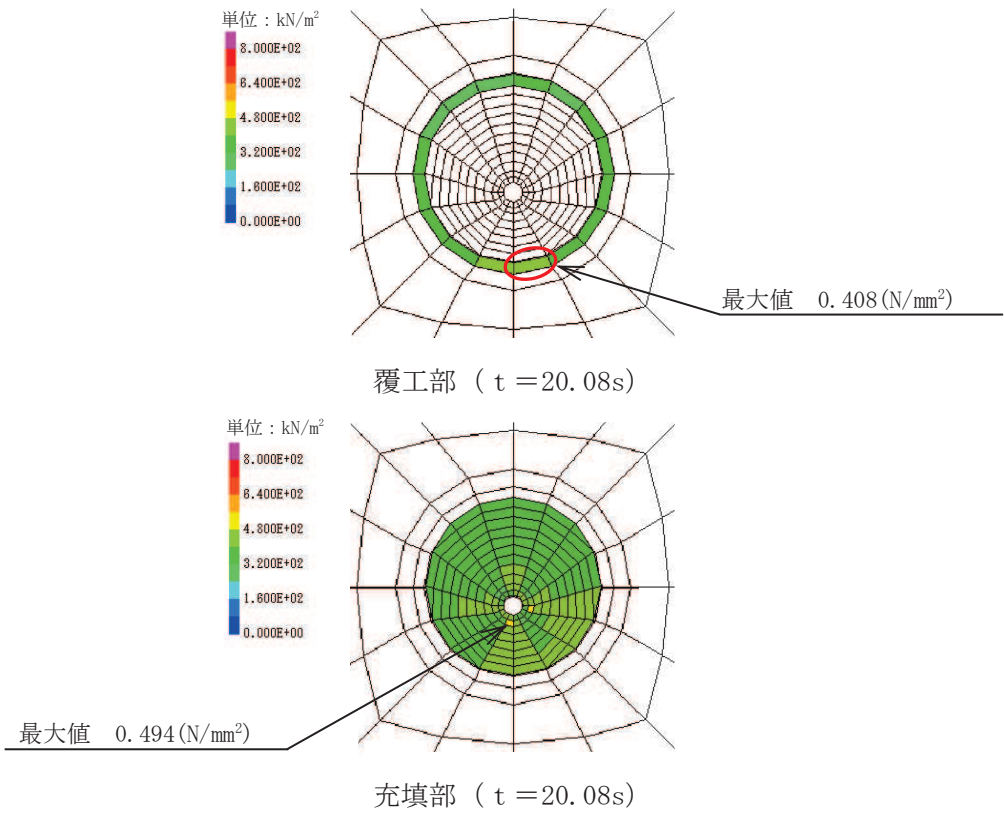


図 3.8-2(7) 解析ケース① 基準地震動 S s - F 1 (++) に対するせん断強度の応力分布図

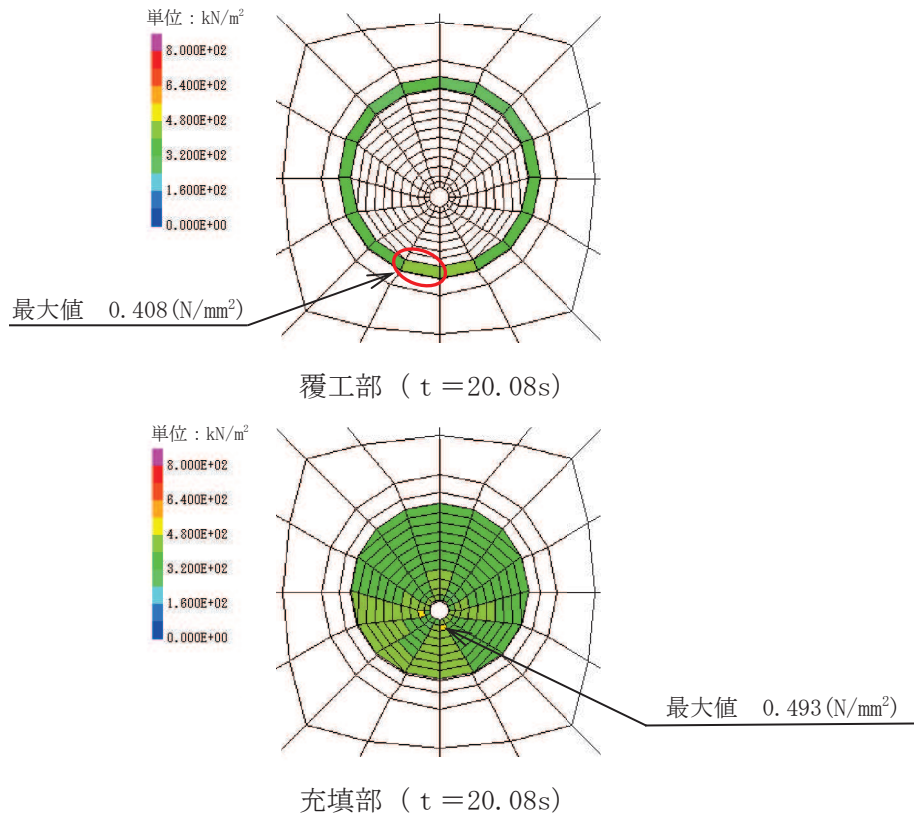


図 3.8-2(8) 解析ケース① 基準地震動 S s - F 1 (-+) に対するせん断強度の応力分布図

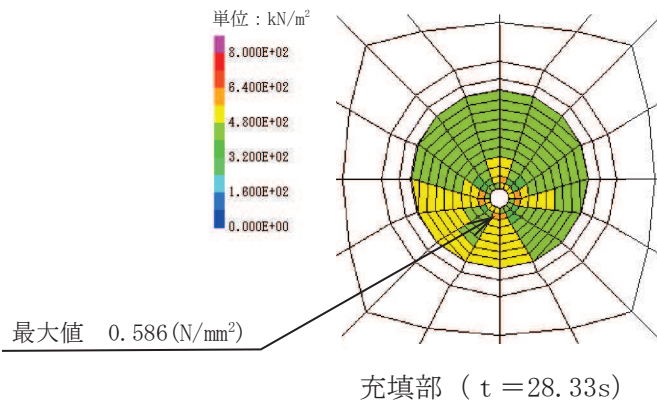
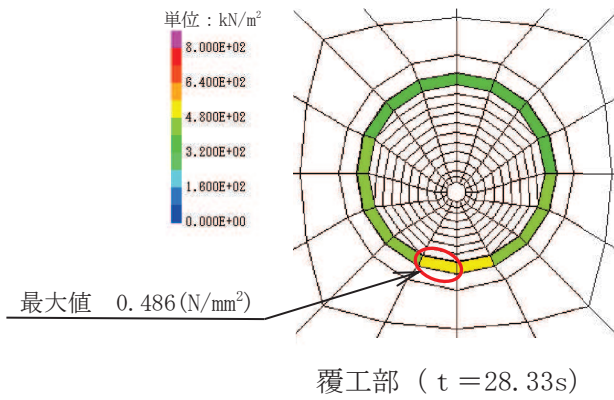


図 3.8-2(9) 解析ケース① 基準地震動 S_s-F2 (++) に対するせん断強度の応力分布図

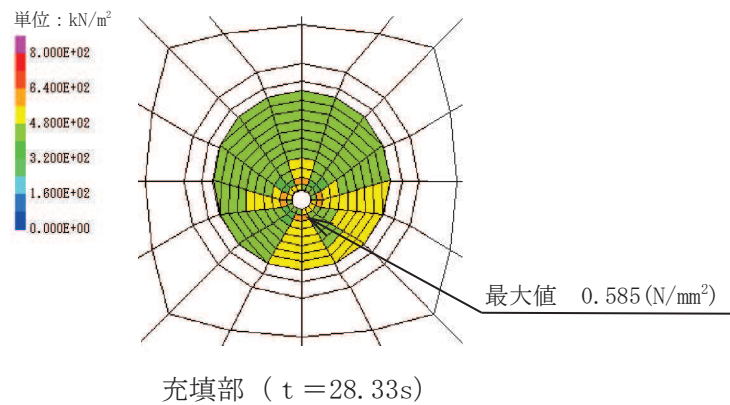
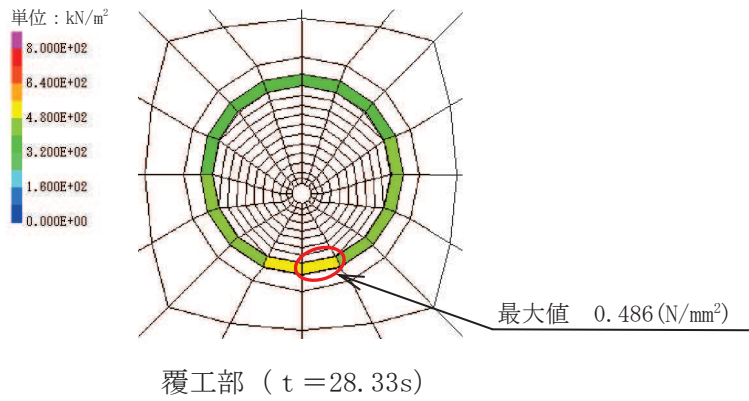
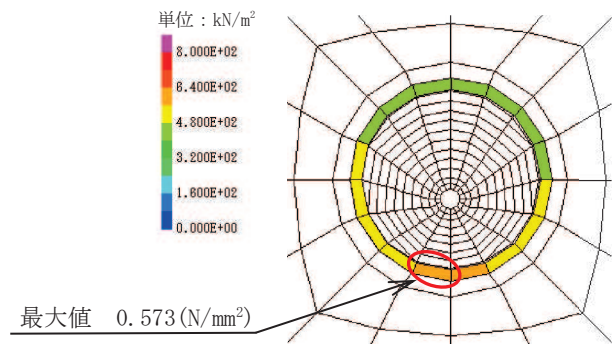
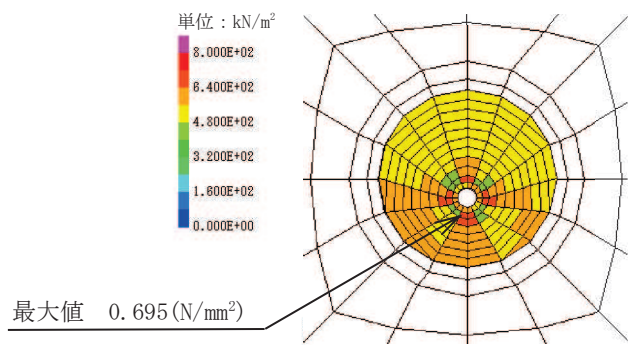


図 3.8-2(10) 解析ケース① 基準地震動 S_s-F2 (-+) に対するせん断強度の応力分布図

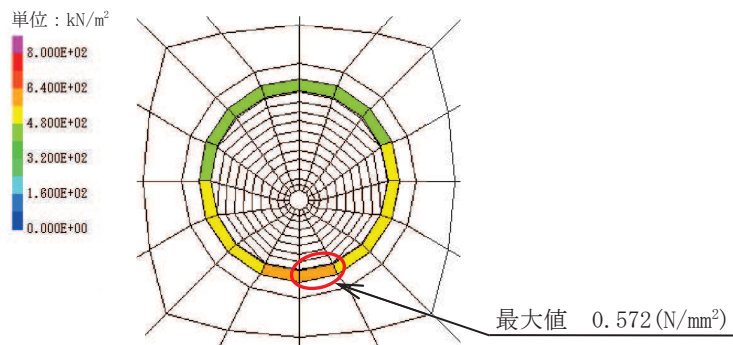


覆工部 (t = 27.64s)

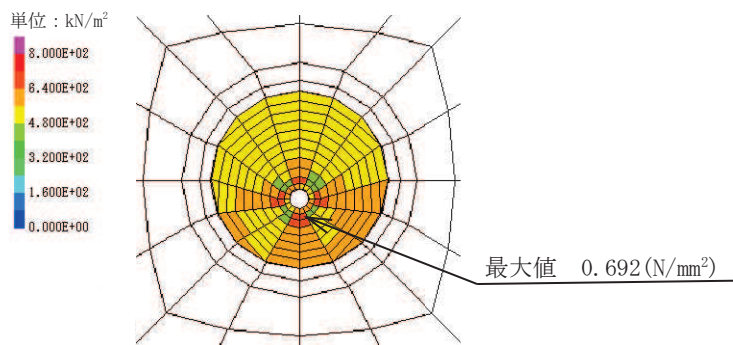


充填部 (t = 27.64s)

図 3.8-2(11) 解析ケース① 基準地震動 S_s-F3 (++) に対するせん断強度の応力分布図



覆工部 (t = 27.64s)



充填部 (t = 27.64s)

図 3.8-2(12) 解析ケース① 基準地震動 S_s-F3 (-+) に対するせん断強度の応力分布図

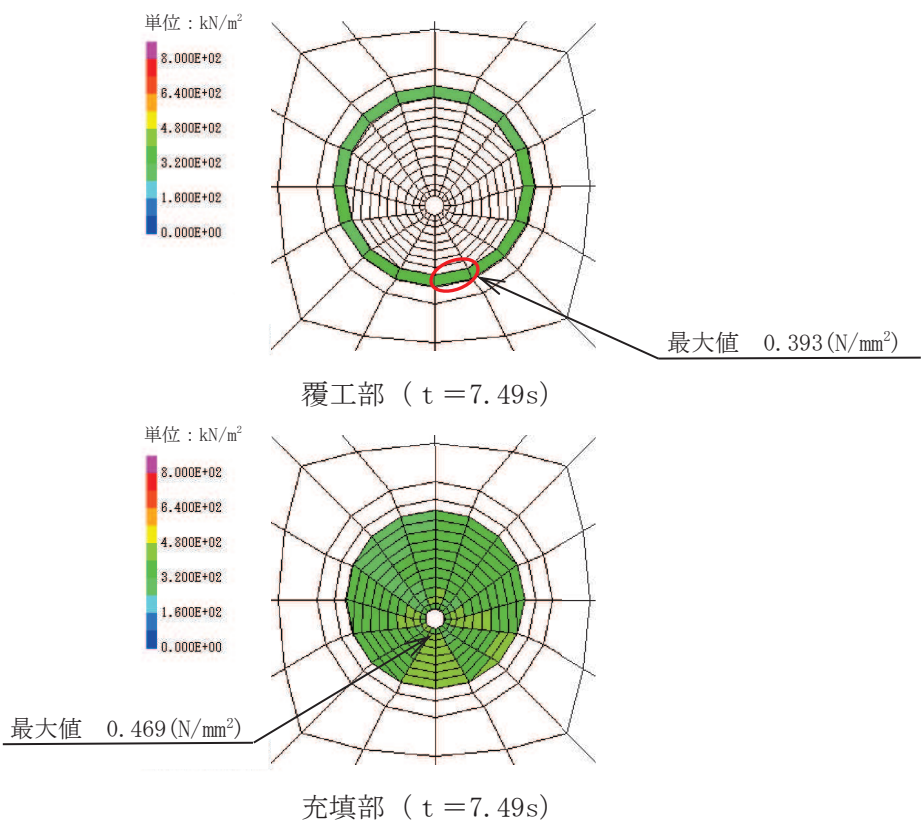


図 3.8-2(13) 解析ケース① 基準地震動 S_s-N1 (++) に対するせん断強度の応力分布図

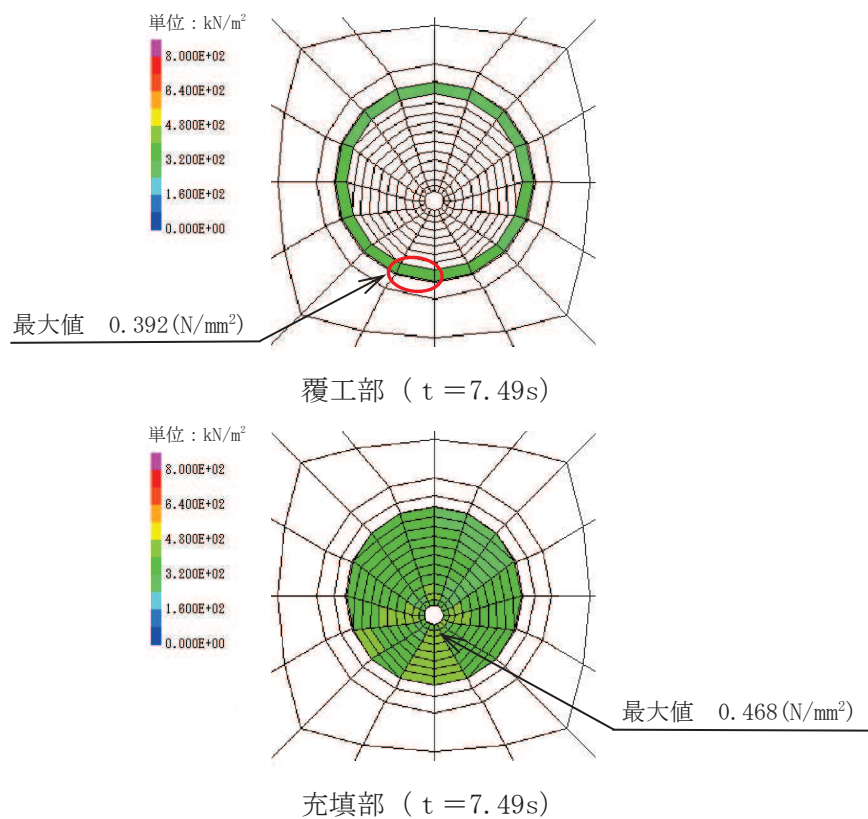
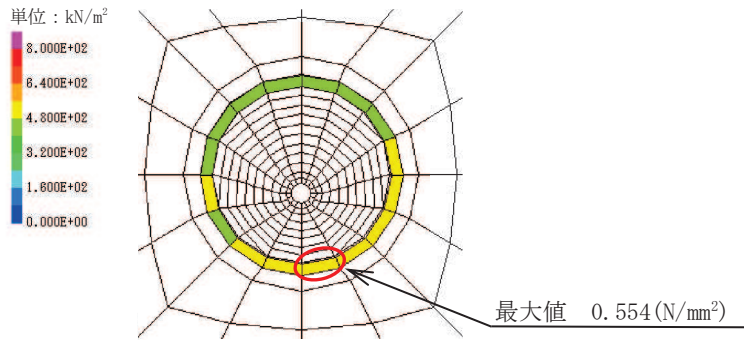
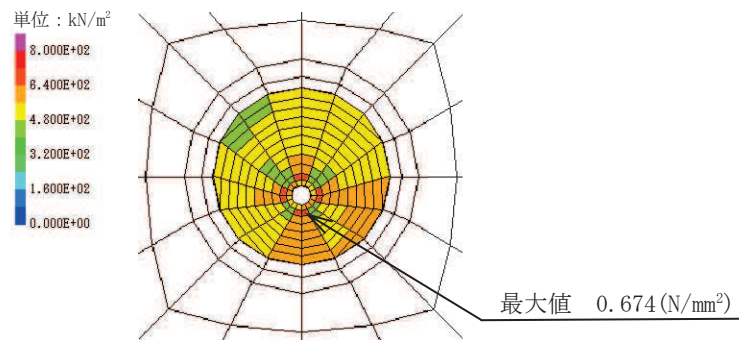


図 3.8-2(14) 解析ケース① 基準地震動 S_s-N1 (-+) に対するせん断強度の応力分布図

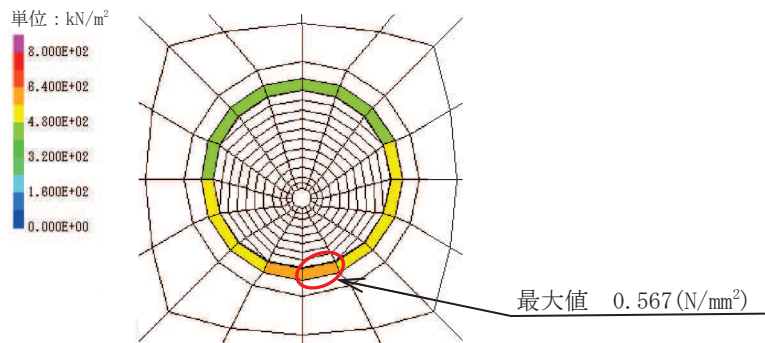


覆工部 ($t = 27.64\text{s}$)

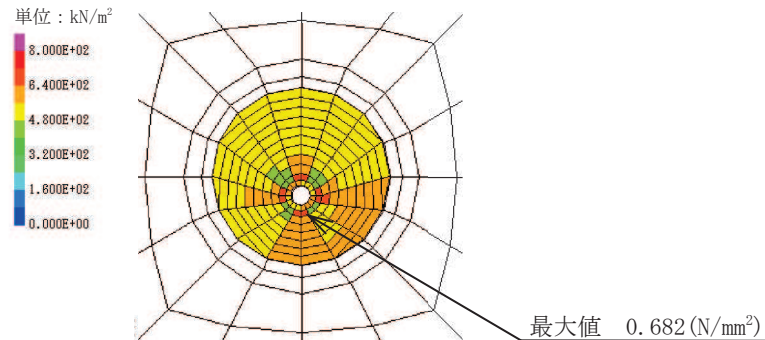


充填部 ($t = 27.64\text{s}$)

図 3.8-2(15) 解析ケース② 基準地震動 $S_s - F3$ (- +) に対するせん断強度の応力分布図



覆工部 ($t = 27.64\text{s}$)



充填部 ($t = 27.64\text{s}$)

図 3.8-2(16) 解析ケース③ 基準地震動 $S_s - F3$ (- +) に対するせん断強度の応力分布図

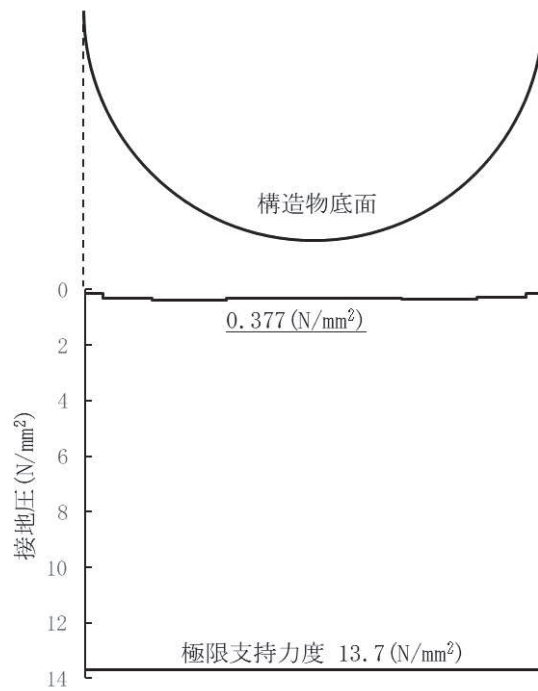


図 3.8-3(1) 解析ケース① 基準地震動 S s - D 1 (++) に対する設置圧の分布図

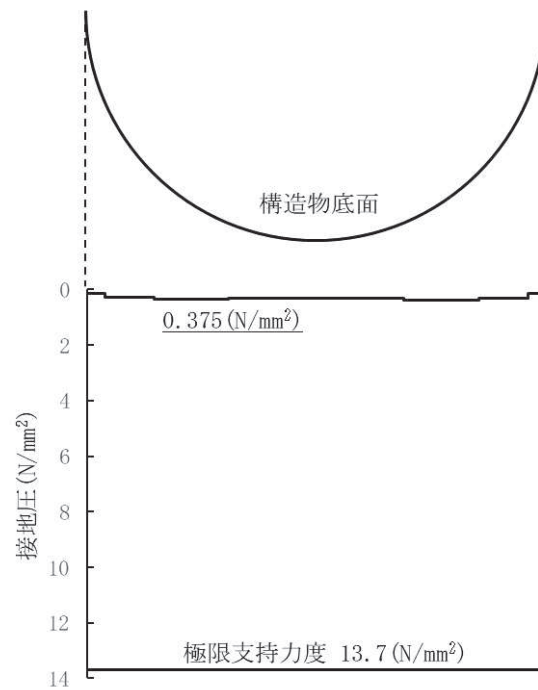


図 3.8-3(2) 解析ケース① 基準地震動 S s - D 1 (-+) に対する設置圧の分布図

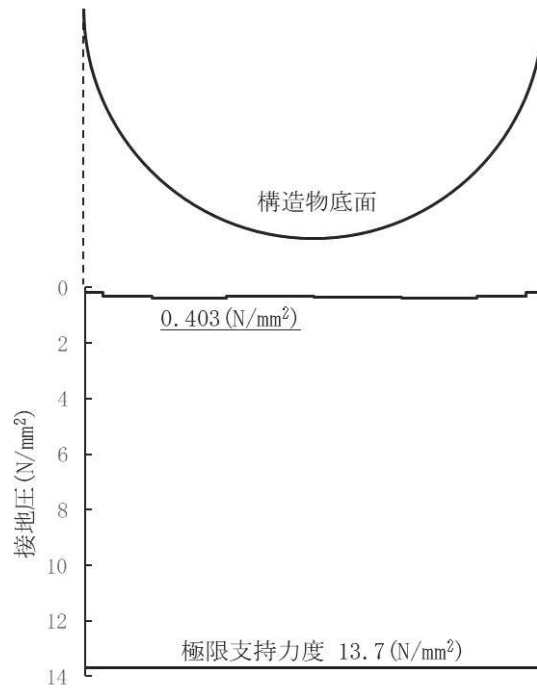


図 3.8-3(3) 解析ケース① 基準地震動 S s - D 2 (+ +) に対する設置圧の分布図

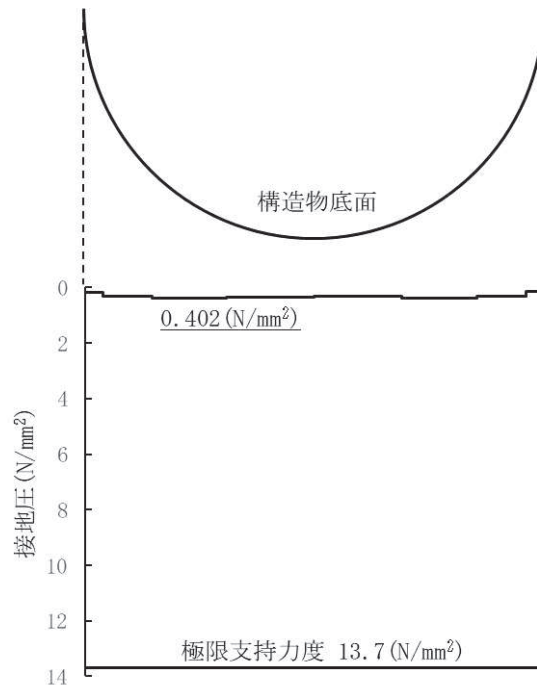


図 3.8-3(4) 解析ケース① 基準地震動 S s - D 2 (- +) に対する設置圧の分布図

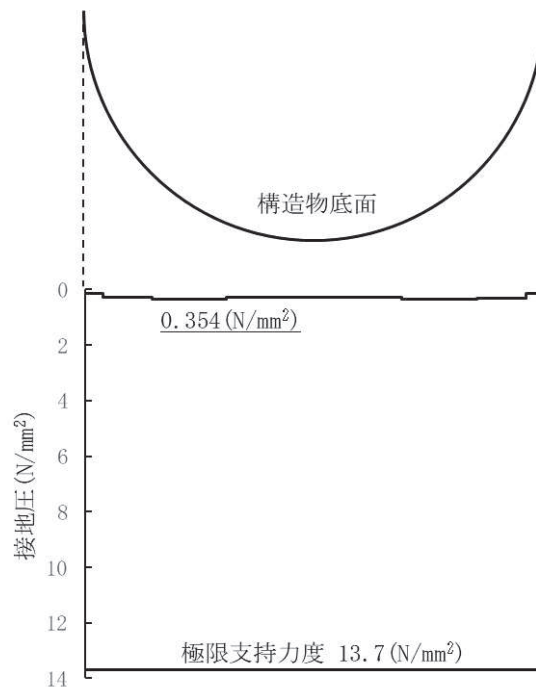


図 3.8-3(5) 解析ケース① 基準地震動 S s - D 3 (+ +) に対する設置圧の分布図

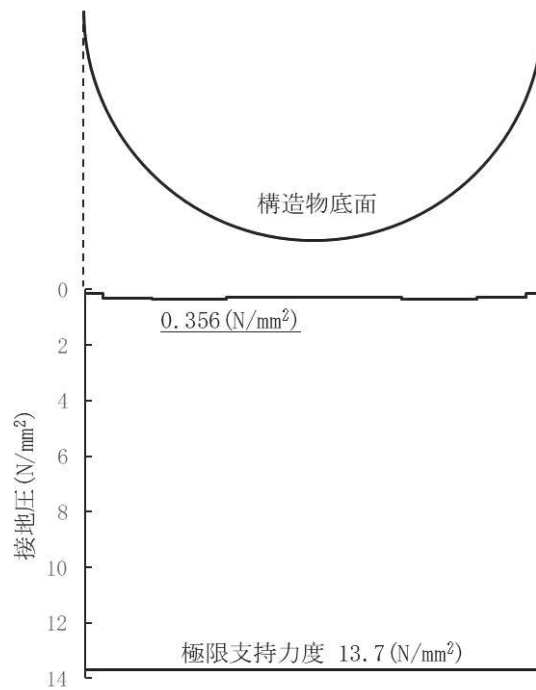


図 3.8-3(6) 解析ケース① 基準地震動 S s - D 3 (- +) に対する設置圧の分布図

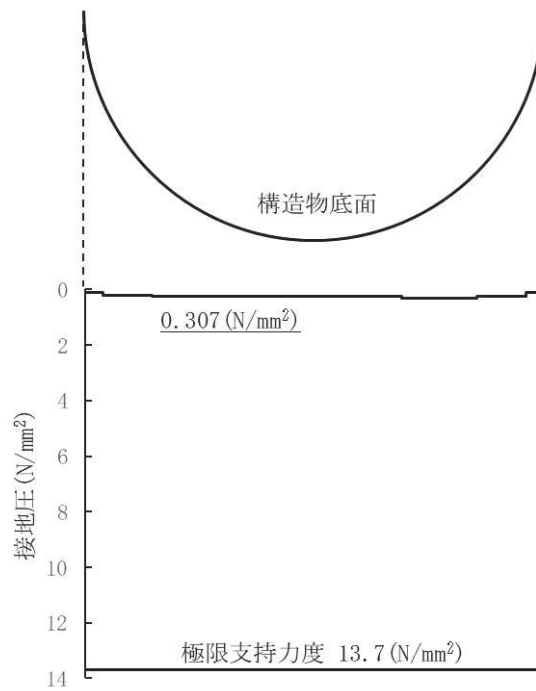


図 3.8-3(7) 解析ケース① 基準地震動 S s - F 1 (++) に対する設置圧の分布図

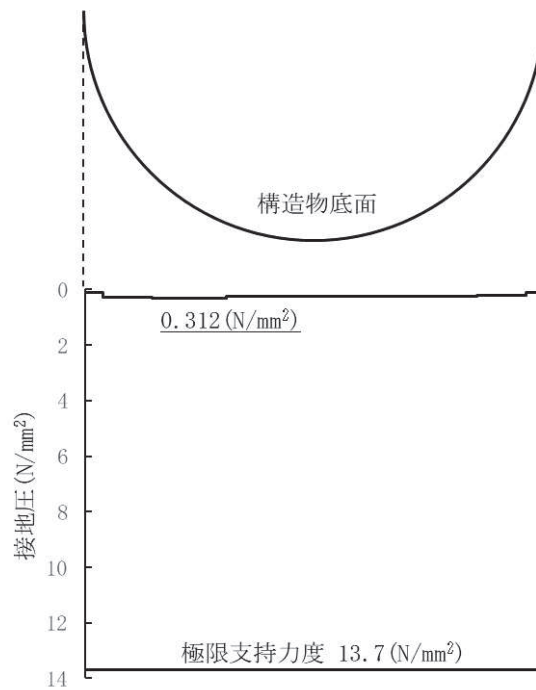


図 3.8-3(8) 解析ケース① 基準地震動 S s - F 1 (-+) に対する設置圧の分布図

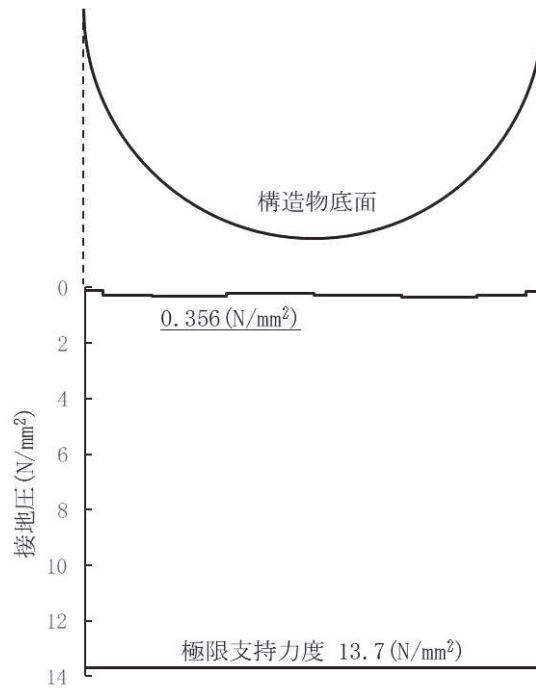


図 3.8-3(9) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - F2 (+ +)$ に対する設置圧の分布図

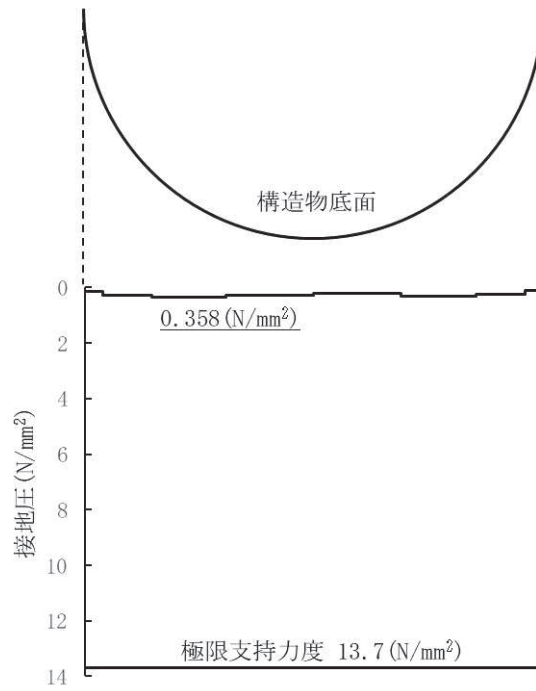


図 3.8-3(10) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - F2 (- +)$ に対する設置圧の分布図

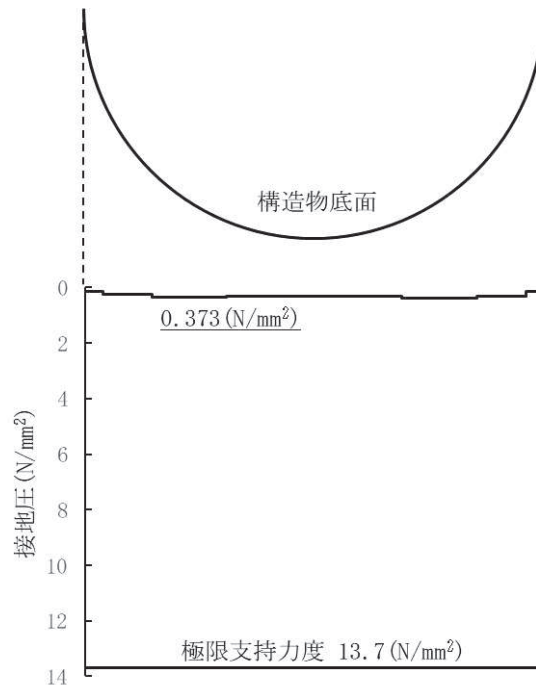


図 3.8-3(11) 解析ケース① 基準地震動 S_s-F3(++) に対する設置圧の分布図

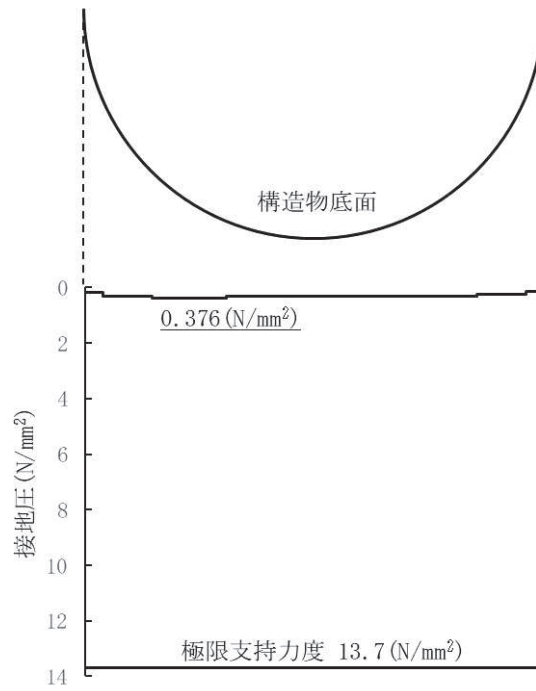


図 3.8-3(12) 解析ケース① 基準地震動 S_s-F3(-+) に対する設置圧の分布図

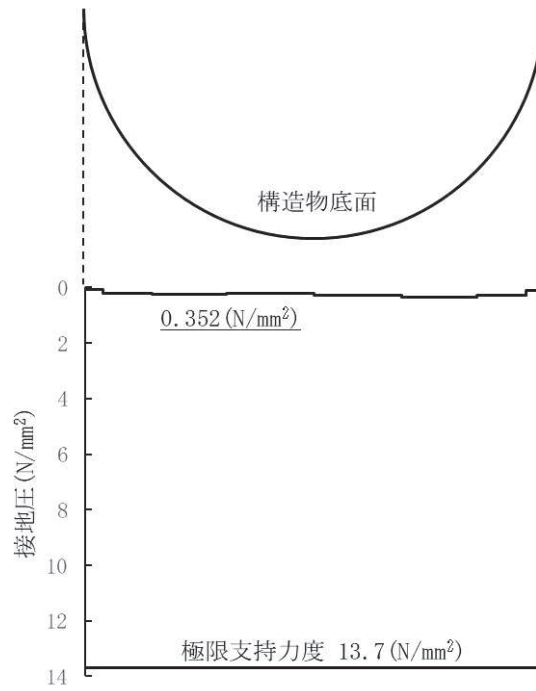


図 3.8-3(13) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - N1$ (++) に対する設置圧の分布図

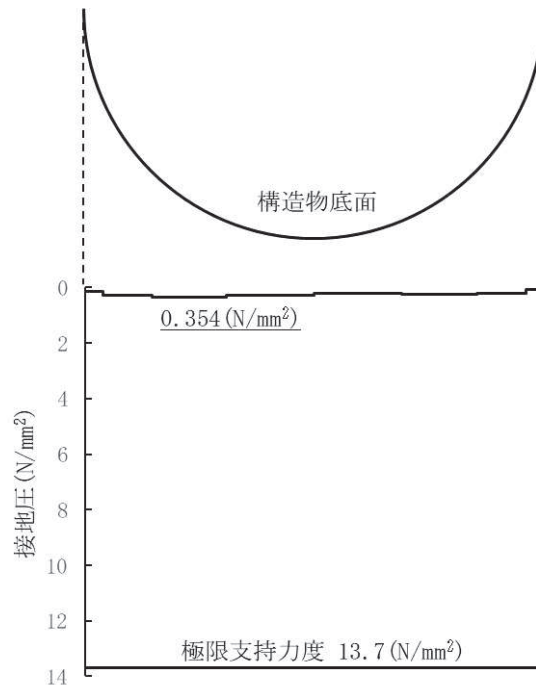


図 3.8-3(14) 解析ケース① 基準地震動 $S_s - N1$ (-+) に対する設置圧の分布図

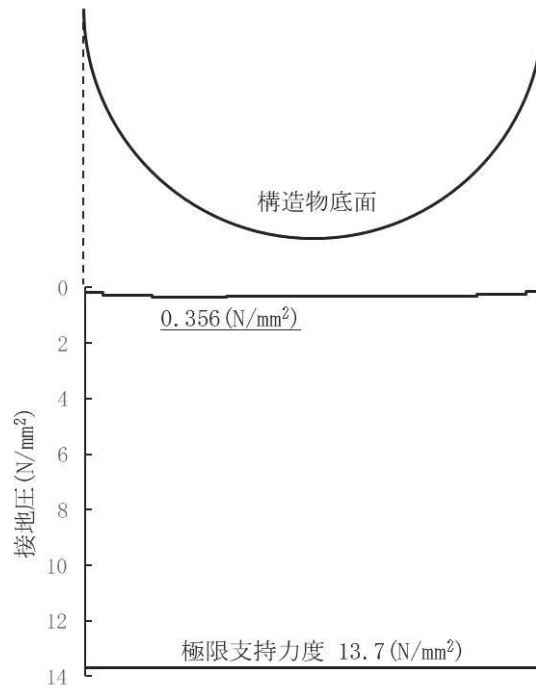


図 3.8-3(15) 解析ケース② 基準地震動 $S_s - F3$ (一十) に対する設置圧の分布図

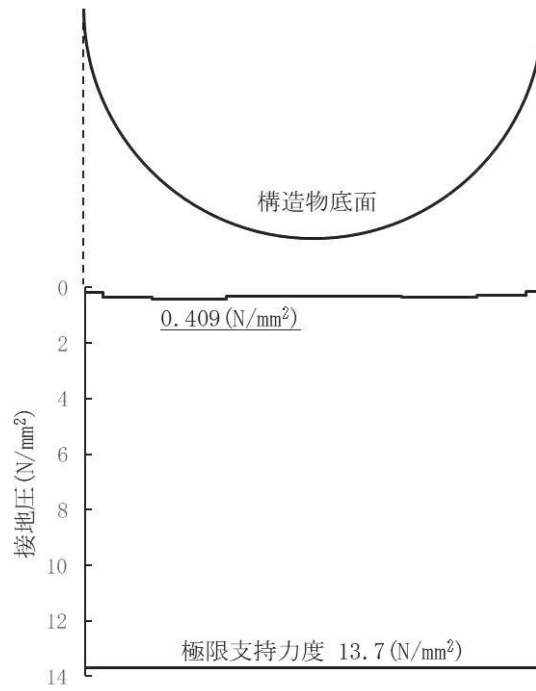


図 3.8-3(16) 解析ケース③ 基準地震動 $S_s - F3$ (一十) に対する設置圧の分布図

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

覆工部及び充填部の引張強度における照査値を表 4.1-1 に、せん断強度における照査値を表 4.1-2 に示す。また、覆工部及び充填部の引張強度における照査値最大となる時刻の応力分布を図 4.1-1 に、せん断強度における照査値最大となる時刻の応力分布を図 4.1-2 に示す。

覆工部及び充填部の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 4.1-1 引張強度における最大照査値

部位	地震動	解析ケース	発生応力 (N/mm ²) (a)	許容限界 (N/mm ²) (b)	照査値 (a / b)
覆工部	S s - F 3 (-+)	①	0.627	1.019	0.62
充填部	S s - F 3 (-+)	①	1.238	1.847	0.68

表 4.1-2 せん断強度における照査値

部位	地震動	解析ケース	発生応力 (N/mm ²) (a)	許容限界 (N/mm ²) (b)	照査値 (a / b)
覆工部	S s - F 3 (++)	①	0.573	4.1	0.14
充填部	S s - F 3 (++)	①	0.695	10.0	0.07

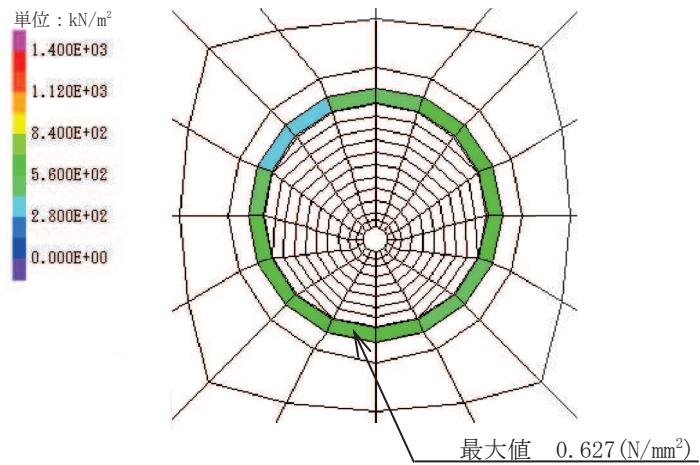


図 4.1-1(1) 覆工部の引張強度における照査値最大となる時刻の応力分布図
 (S s - F 3 (-+), t = 27.64s)
 (解析ケース① : 基本ケース)

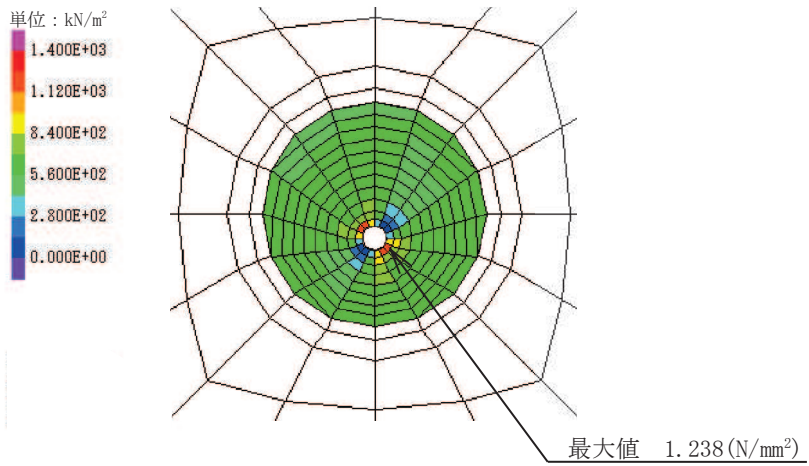


図 4.1-1(2) 充填部の引張強度における照査値最大となる時刻の応力分布図
 (S s - F 3 (-+), t = 27.64s)
 (解析ケース① : 基本ケース)

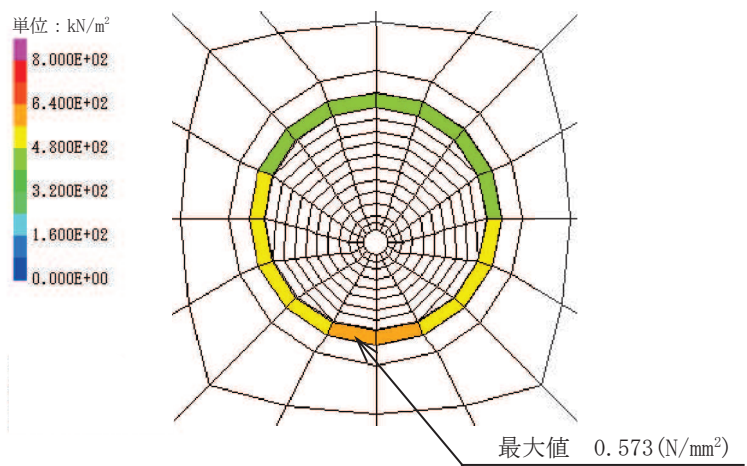


図 4.1-2(1) 覆工部のせん断強度における照査値最大となる時刻の応力分布図
 (S s - F 3 (++) , t = 27.64s)
 (解析ケース① : 基本ケース)

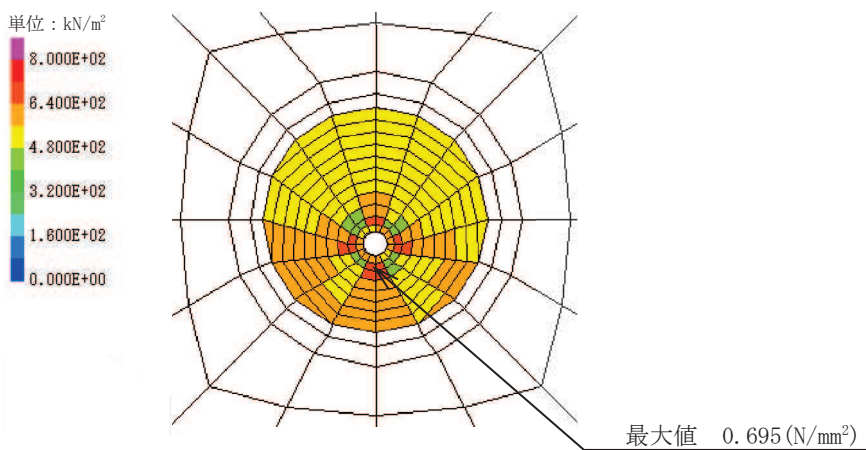


図 4.1-2(2) 充填部のせん断強度における照査値最大となる時刻の応力分布図
 (S s - F 3 (++) , t = 27.64s)
 (解析ケース① : 基本ケース)

4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 4.2-1 に示す。また、最大接地圧の分布図を図 4.2-1 示す。

覆工部を支持する基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 4.2-1 基礎地盤の支持性能照査結果

地震動	解析ケース	最大接地圧 (N/mm ²) (a)	許容限界 (N/mm ²) (b)	照査値 (a / b)
S _s -F3 (-+)	③	0.409	13.7	0.03

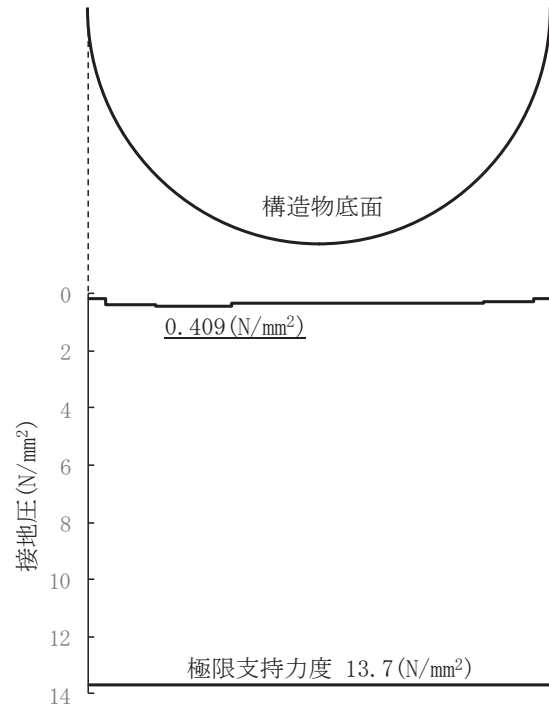


図 4.2-1 最大接地圧の分布図

(S s - F 3 (-+))

(解析ケース③：地盤物性値のばらつき(-1σ)を考慮した解析ケース)

- 6. 浸水防護施設に関する補足説明
- 6.2 取放水路流路縮小工の設計に関する補足説明
- 6.2.3 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）の強度計算書に関する補足説明

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	4
2.4 適用基準	6
2.5 記号の説明	7
3. 強度評価方法	10
3.1 評価対象断面及び部位	10
3.2 荷重及び荷重の組合せ	12
3.3 評価方法	16
4. 強度評価	31
4.1 荷重算出	31
4.2 強度評価	33
4.3 解析ケースごとの強度評価結果.....	36
5. 強度評価結果	39

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重及び余震荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持することを確認するものである。

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

2. 基本方針

2.1 位置

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の位置図を図 2.1-1 に示す。

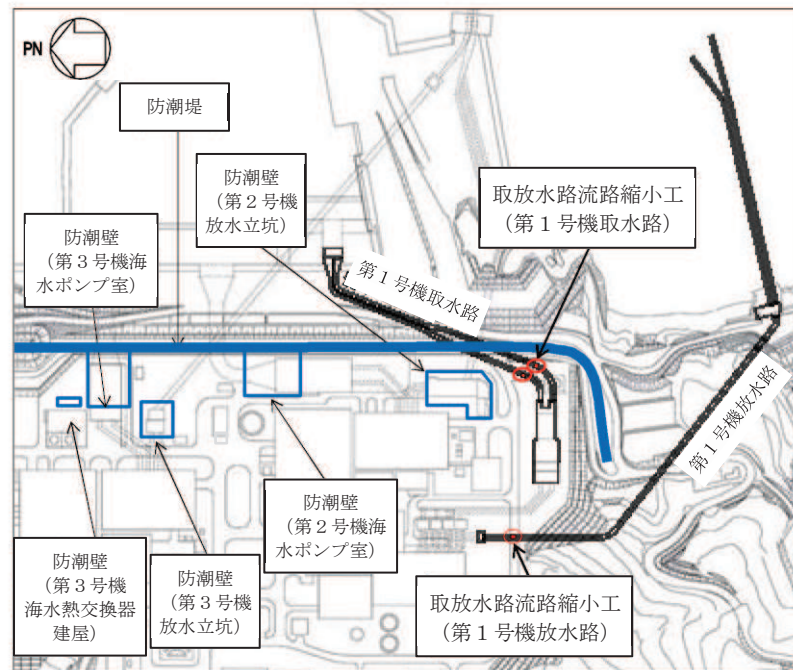



図 2.1-1 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の位置図（全体平面図）

2.2 構造概要

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の平面図及び断面図を図2.2-1に示す。

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)は、第1号機取水路からの津波の流入を抑制し、第1号機取水路から敷地への津波の流入を防止するため、第1号機取水路内に無筋のコンクリートを充填する。よって、取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)は、覆工部と充填部から構成される。

第1号機の補機冷却海水ポンプに必要な海水を取水するため、貫通部（×2条）を設ける。

なお、本強度計算書では、充填部のB-B（C-C）断面の幅を流路縮小工の幅とする。

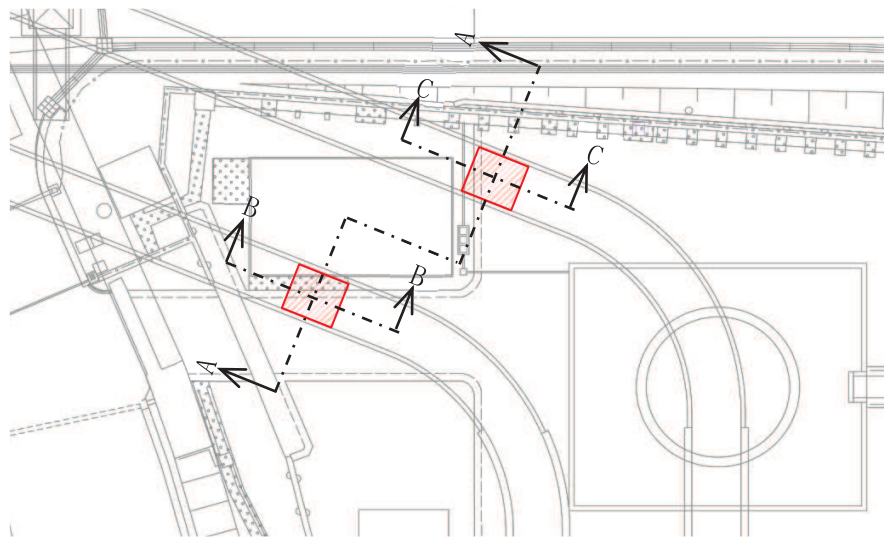


図2.2-1(1) 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2) 平面図

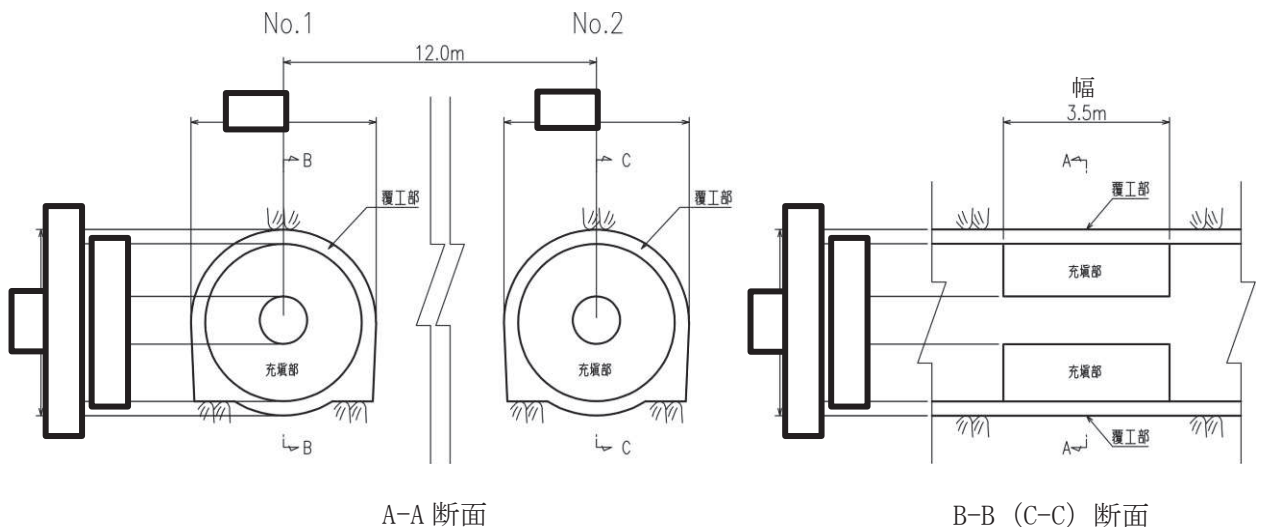


図2.2-1(2) 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2) 断面図

2.3 評価方針

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)は、Sクラス施設である津波防護施設に分類される。

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の強度評価においては、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している方法を用いて、強度計算を実施する。なお、強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」という。）について行う。ただし、「重畳時」の津波荷重は「津波時」の津波荷重を用いていることから、「重畳時」が保守的な評価となることは明白であるため、「津波時」の検討は省略する。

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の強度評価は、水路縦断方向に作用する津波荷重及び余震荷重に対して、表 2.3-1 に示すとおり、せん断、滑動及び曲げに対して安定性を確保できる必要幅が、流路縮小工の設置幅（縦断方向の閉塞長）以下であることを確認することにより、安定性を損なわないことを評価する。

取放水路流路縮小工(第1号機取水路)(No. 1), (No. 2)の強度評価フローを図 2.3-1 に示す。

表 2.3-1 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	流路縮小工の幅
安定性を損なわないこと	構造部材の安定性	流路縮小工	せん断、滑動及び曲げに対する必要幅が流路縮小工の設置幅（縦断方向の閉塞長）以下であることを確認	3.5m

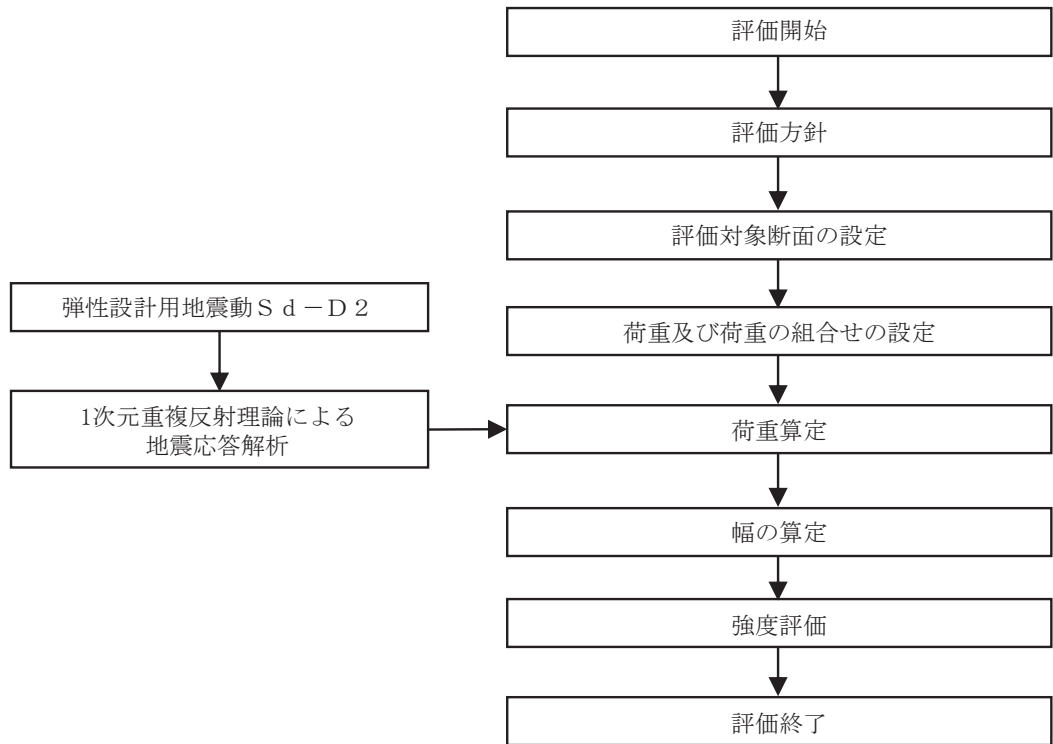


図 2.3-1 取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）(No. 1), (No. 2) の強度評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。また，各項目で適用する規格，基準類を表 2.4-1 に示す。

- ・土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」 技術書〔コンクリートダム編〕（農林水産省農村振興局，平成 15 年 4 月）
- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）
- ・コンクリート標準示方書〔設計編〕（土木学会，2017 年制定）
- ・コンクリート標準示方書〔ダムコンクリート編〕（土木学会，2013 年制定）
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）
- ・水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）（水門鉄管技術協会，平成 29 年版）
- ・水理公式集（土木学会，2018 年版）

表 2.4-1 各項目で適用する規格，基準類

項目	適用する規格，基準類	備考
使用材料及び材料定数	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定） ・コンクリート標準示方書〔ダムコンクリート編〕（土木学会，2013 年制定） 	—
評価方法	<ul style="list-style-type: none"> ・土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」 技術書〔コンクリートダム編〕（農林水産省農村振興局，平成 15 年 4 月） 	・照査項目及び評価方法
荷重及び荷重の組合せ	<ul style="list-style-type: none"> ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月） ・水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）（水門鉄管技術協会，平成 29 年版） ・水理公式集（土木学会，2018 年版） 	・照査項目及び評価方法
許容限界	<ul style="list-style-type: none"> ・土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」 技術書〔コンクリートダム編〕（農林水産省農村振興局，平成 15 年 4 月） 	・評価項目ごとに算定した幅が，流路縮小工の幅以下であることを確認。

2.5 記号の説明

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の強度評価に用いる記号を表2.5-1にそれぞれ示す。

表2.5-1(1) 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の強度評価に用いる記号

記号	定義	単位
G	固定荷重	N
P	積載荷重	kN/m ²
K _{s d}	余震荷重	N
P _h	浸水津波荷重	kN
P _{h s}	津波荷重（静水圧）	kN
P _{h f}	流水圧	kN
C _D	抗力係数	-
ρ_0	海水の密度	t/m ³
A	流れの方向の物体の投影面積・水路断面積	m ²
U	流路縮小工前面及び背面の最大流速を考慮した場合の流速	m/s
P _{h t}	推力	kN
f	流水の摩擦抵抗係数	-
D	貫通部内径	m
L	貫通部長さ	m
Q	流量	m ³ /s
v	流路縮小工貫通部の最大流速を考慮した場合の流速	m/s
n	粗度係数（コンクリート）	m ^{-1/3} /s
L ₁	覆工部と充填部間でのせん断を想定した場合のせん断に対する安定性から算出する幅	m
L ₁ '	覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定した場合のせん断に対する安定性から算出する幅	m
α	安全率	-
P	作用荷重	kN/m ²
τ_c	コンクリートのせん断強さ	kN/m ²
τ_r	岩盤のせん断強度	kN/m ²
L ₀	付着面の周長	m
L ₀ '	流路縮小工全体の周長	m

表 2.5-1(2) 取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）(No. 1), (No. 2) の強度評価に用いる記号

記号	定義	単位
L 2	覆工部と充填部間での滑動を想定した場合滑動に対する安定性から算出する幅	m
L 2'	覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定した場合の滑動に対する安定性から算出する幅	m
N	せん断摩擦安全率	-
C _c	コンクリートの付着力（せん断強度）	kN/m ²
A'	付着面の単位長さ当たりの面積	m ² /m
f _c	コンクリートのせん断抵抗係数	-
N	コンクリート自重による単位長さ当たりの垂直荷重	kN/m
W	単位長さ当たりの充填部の重量	kN/m
C _r	岩盤の付着力（せん断強度）	kN/m ²
f _r	岩盤のせん断抵抗係数	-
N'	コンクリート自重による単位長さ当たりの垂直荷重	kN/m
W'	単位長さ当たりの充填部の重量	kN/m
D'	覆工部の直径	m
L 3	曲げに対する安定性から算出する幅	m
a	縮小工半径	mm
σ'	コンクリートの許容曲げ引張応力度	kN/m ²
f' _{ck}	設計基準強度	N/mm ²
P 1	静水圧	kN/m ²
P 2	流水圧	kN
P 3	慣性力	kN/m ³
P 4	動水圧	kN/m ²
P 5	推力	kN
h	充填部下端における水深=h ₁ -h ₂	m
h ₁	設計用津波水位 (O. P.)	m
h ₂	充填部下端位置 (O. P.)	m
D ₁	充填部直径	m
D ₂	流路縮小工全体の直径	m
D ₃	貫通部直径	m
A ₁	充填部の断面積	m ²
A ₂	流路縮小工全体の断面積	m ²
A ₃	充填部貫通部の断面積	m ²

表 2.5-1(3) 取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）(No. 1), (No. 2) の強度評価に用いる記号

記号	定義	単位
k_h	設計水平震度	-
γ	充填部の単位体積重量	kN/m^3
ϕ	充填部内部摩擦角	°
ϕ'	岩盤の内部摩擦角	°

3. 強度評価方法

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の強度評価は、「2.3 評価方針」及び「3.2 荷重及び荷重の組合せ」において設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに流路縮小工幅を踏まえて実施する。強度評価では、本章に示す方法により、「4. 強度評価」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」より、せん断、滑動及び曲げに対する必要幅が流路縮小工幅以下であることを確認する。

3.1 評価対象断面及び部位

3.1.1 評価対象断面

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の重畳時の評価は、作用する荷重が支配的となる水路縦断方向に作用する津波荷重及び余震荷重に対して、せん断、滑動及び曲げに対する安定性を損なわないことを評価することから、評価対象断面は水路縦断方向とする。

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の評価対象断面位置図を図3.1-1に示す。評価対象断面の地質図を図3.1-2に示す。

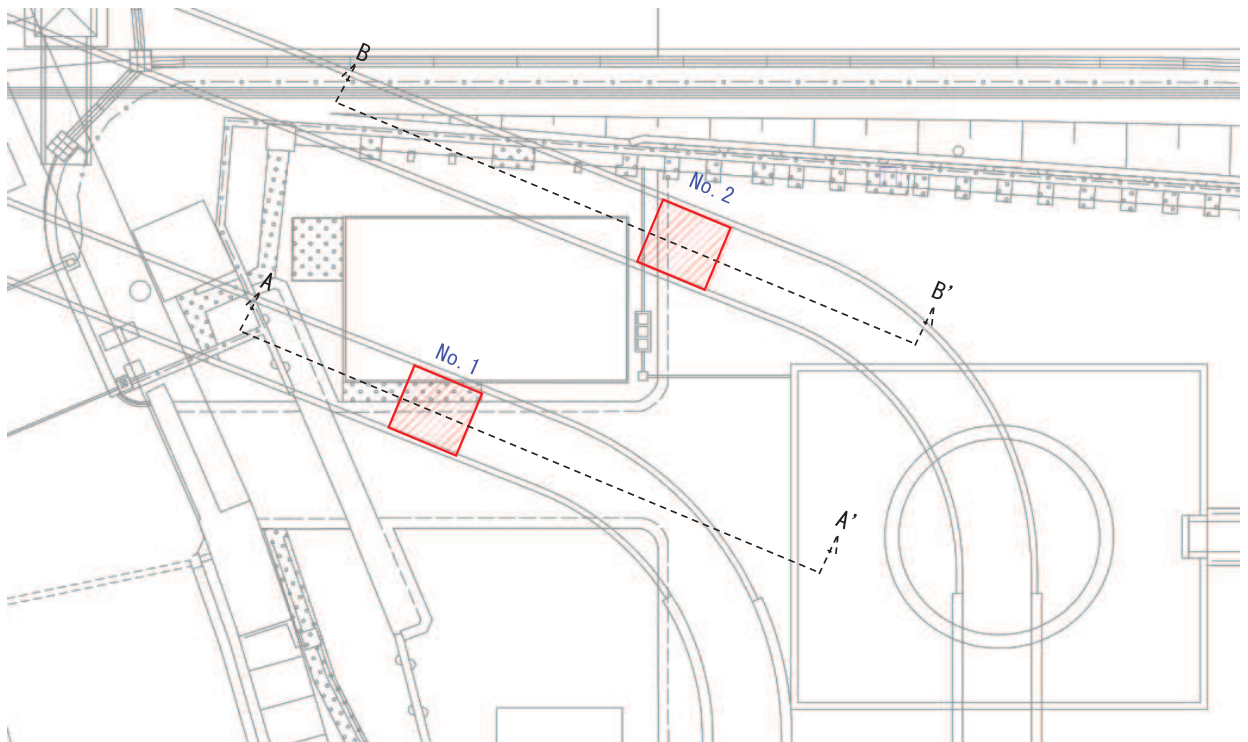


図3.1-1 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の評価対象断面位置図

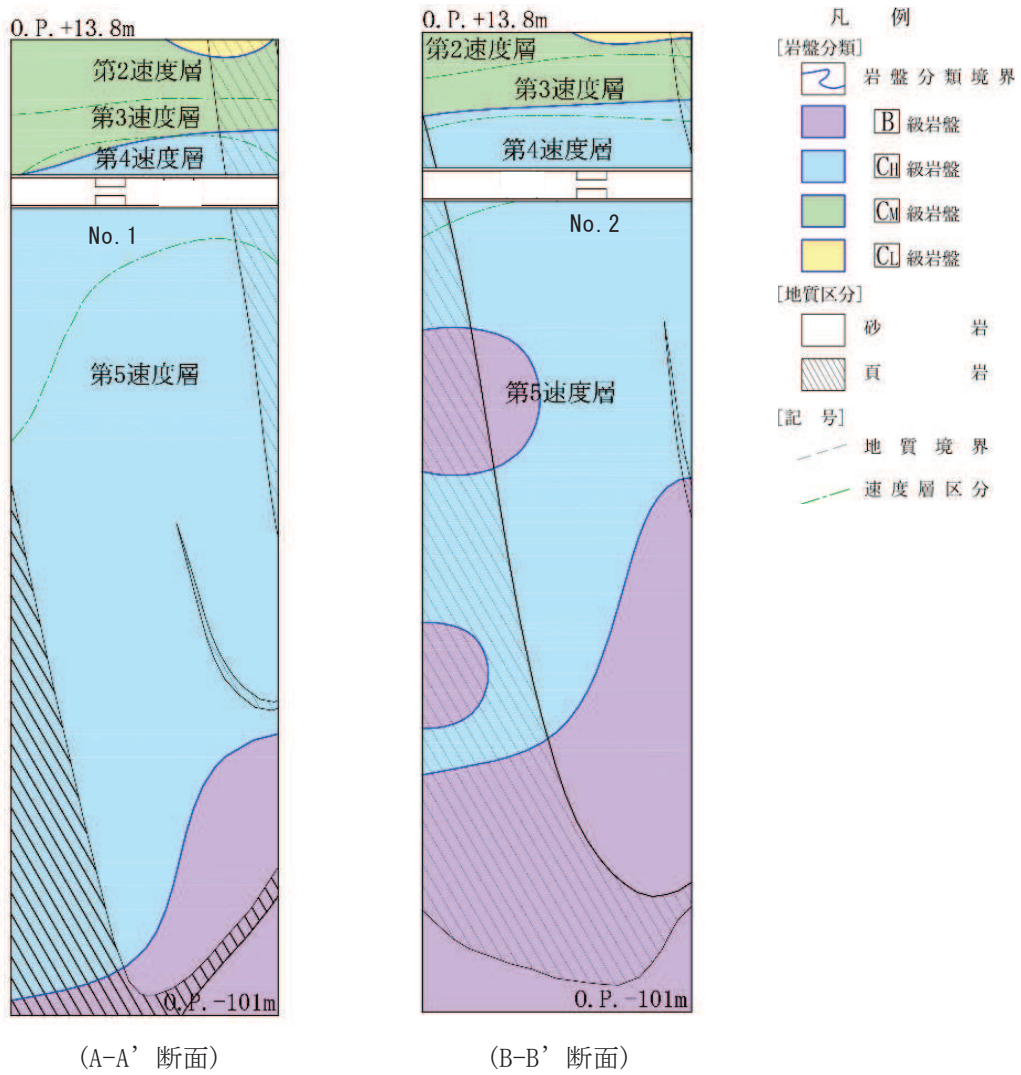


図 3.1-2(1) 取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）(No. 1), (No. 2) の地質図

3.1.2 評価対象部位

評価対象部位は、構造部材の安定性が要求される流路縮小工とする。

3.2 荷重及び荷重の組合せ

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

3.2.1 荷重

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の強度評価において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

地表面に積載荷重 4.9(kN/m²)を考慮する。

(3) 余震荷重 (K s d)

余震荷重は、弾性設計用地震動 S d - D 2 による慣性力及び動水圧を考慮する。

動水圧については、Westergaard の式により設定する。

(4) 浸水津波荷重 (P h)

a. 津波荷重 (静水圧) (P h s)

津波荷重については、設計用津波水位（入力津波による浸水高さ (0.P. +24.4m) に +0.5m の余裕を考慮した水位）に基づく静水圧を考慮する。

b. 流水圧 (P h f)

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）」に基づき以下の式により算定する。

$$P h f = \frac{1}{2} \times C_D \times \rho_0 \times A \times U^2$$

ここに、P h f : 流水圧 (kN)

C_D : 抗力係数 = 2.01 (保守的に最大値とする)

ρ₀ : 水の密度 = 1.03 (t/m³)

A : 流れの方向の物体の投影面積 (m²)

U : 流速 (m/s) *流路縮小工前面及び背面の最大流速 (2.69m/s) に余裕を考慮し (10m/s) 設定した。詳細は

1.4 管路解析モデルについて (参考 2) に示す。

c. 推力 (P h t)

推力は「水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）（水門鉄管技術協会，平成 29 年版）」に基づき以下の式により算定する。

$$P h t = \frac{2 f Q^2}{g \pi D^3} \times L$$

ここに，P h t : 流水の摩擦による推力 (kN)

f : 流水の摩擦抵抗係数 (tf/m³)

$$f = 8 g n^2 / \left(\frac{D_3}{4} \right)^{\frac{1}{3}}$$

D : 貫通部内径 (m)

L : 貫通部長さ (m)

Q : 流量 = v × A (m³/s)

A : 貫通部内断面積 (m²)

v : 貫通部内流速 (m/s) *流路縮小工貫通部の最大流速 (13.03m/s) に余裕を考慮し(20m/s)設定した。詳細は 1.4 管路解析モデルについて (参考 2) に示す。

n : 粗度係数 (コンクリート) 0.015 (m^{-1/3}s)

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3.2-1 に、荷重の作用図を図 3.2-1 に示す。

表 3.2-1(1) 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
重畳時	G + P + K _{s d} + P _h

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (4.9kN/m²を地表面に考慮)

K_{s d} : 余震荷重

P_h : 浸水津波荷重

表 3.2-1(2) 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久 荷重	固定 荷重	躯体自重	○	・ 設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	—	・ 対象構造物に作用する機器・配管はないため考慮しない。
		土被り荷重	—	・ 安定した岩盤内に設置されるため考慮しない。
		積載荷重	○	・ 地表面に 4.9(kN/m ²)を考慮する。
		静止土圧	—	・ 安定した岩盤内に設置されるため考慮しない。
		外水圧	—	・ つり合っているため考慮しない
		内水圧	—	・ つり合っているため考慮しない
		積雪荷重	—	・ 岩盤内構造物であることから考慮しない。
		風荷重	—	・ 岩盤内構造物であることから考慮しない。
余震荷重	水平地震動	○	・ 弾性設計用地震動 S _d - D ₂ による躯体の慣性力を考慮する。	
	鉛直地震動	—	・ 主たる荷重が水平方向荷重のため考慮しない。	
	動水圧	○	・ 設計用津波水位での動水圧を考慮する。	
浸水津波 荷重	津波荷重	○	・ 設計用津波水位からの静水圧として考慮する。	
	流水圧	○	・ 津波流速により充填部の前面に作用する荷重を考慮する。	
	推力	○	・ 津波流速により充填部の内部に作用する荷重を考慮する。	

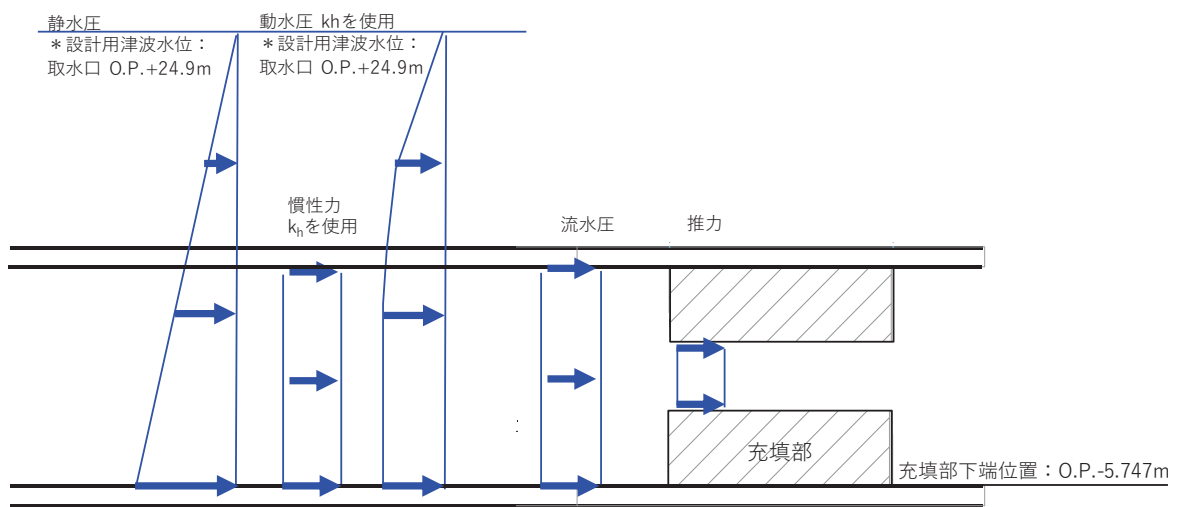


図 3.2-1 取放水路流路縮小工 (第 1 号機取水路) (No. 1), (No. 2) の荷重作用図

3.3 評価方法

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の強度評価は、添付書類「VI-3-別添3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき実施する。
なお、強度評価は「2.3 評価方針」に示すとおり、「重畳時」について実施する。

3.3.1 解析方法

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の強度評価は、「土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」 技術書〔コンクリートダム編〕（農林水産省農村振興局，平成15年4月）」に基づき、評価を行う。

「3.2.2 荷重の組合せ」に基づく荷重を用いて、打設面のせん断強さからの必要閉塞長さ（L1）、滑動に対する必要閉塞長さ（L2）、周辺が固定の円板としての必要閉塞長さ（L3）をそれぞれ算定し、これらのすべてを満足する必要幅を算定して評価する。

余震荷重算定に用いる設計水平震度は、荷重の作用方向（水路縦断方向）に対して、縦断方向の断面位置による第5速度層上面の差が認められるが、第4速度層と第5速度層の変形特性に有意な違いが無いことから、一次元地震応答解析により算定する。なお、妥当性確認として、断面位置における第5速度層上面の差がより大きい横断方向（二次元）の地震応答解析の結果との比較を行う。

一次元地震応答解析は、周辺地盤が線形材料（岩盤）であることを踏まえ、解析コード「ArkQuake Ver. 3.10.01」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.3.2 設計水平震度の算定

(1) 地盤物性及び材料物性のばらつき

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

また、地盤物性のばらつきの影響を考慮するため、表3.3-1に示す解析ケースを設定する。

表 3.3-1 強度評価における解析ケース

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性
		C_L 級岩盤, C_M 級岩盤, C_H 級岩盤, B 級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値 + 1σ
ケース③	設計基準強度	平均値 - 1σ

(2) 一次元地震応答解析

一次元地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「4.1(2) 動的地震力」及び添付書類「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。

設計水平震度の設定に用いる地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 $S_d - D2$ を一次元重複反射理論により流路縮小工の中心位置で評価したものをを用いる。なお、設計水平震度の設定に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「6.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

なお、取放水路流路縮小工（第1号機取水路）はNo.1及びNo.2の2系統であるため、それぞれの位置で一次元地震応答解析を実施する。

一次元地震応答解析の概念図を図 3.3-1 に、設計水平震度の設定に用いる弾性設計用地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3.3-2 に示す。

①引戻し解析

引戻し地盤モデル（解放基盤モデル）を用いて、水平方向地震動を引戻し地盤モデル底面位置まで引戻す。

②水平方向地震動の引上げ解析

引上げ地盤モデル（水平方向地震動用）を用いて、構造物ー地盤連成系解析モデル底面位置まで水平方向地震動を引上げる。

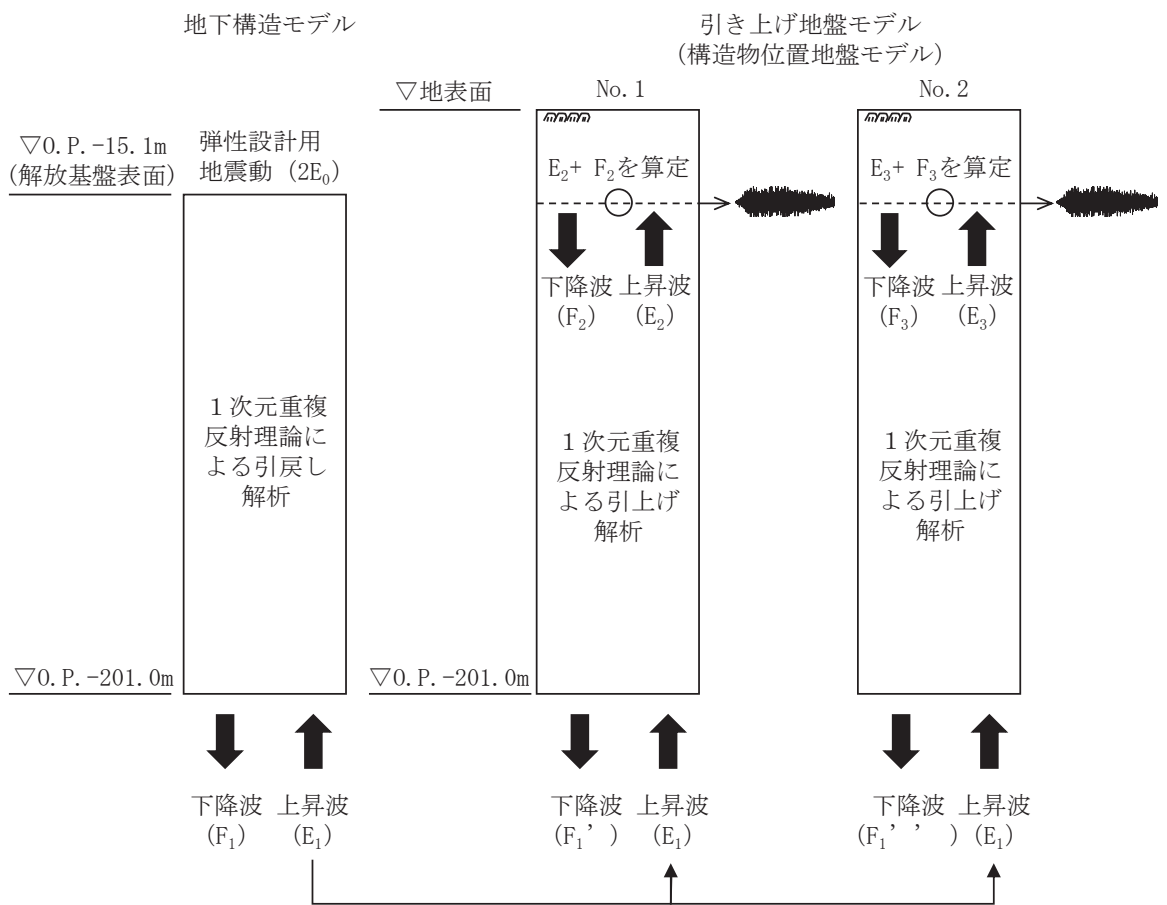


図 3. 3-1(1) 一次元地震応答解析の概念図

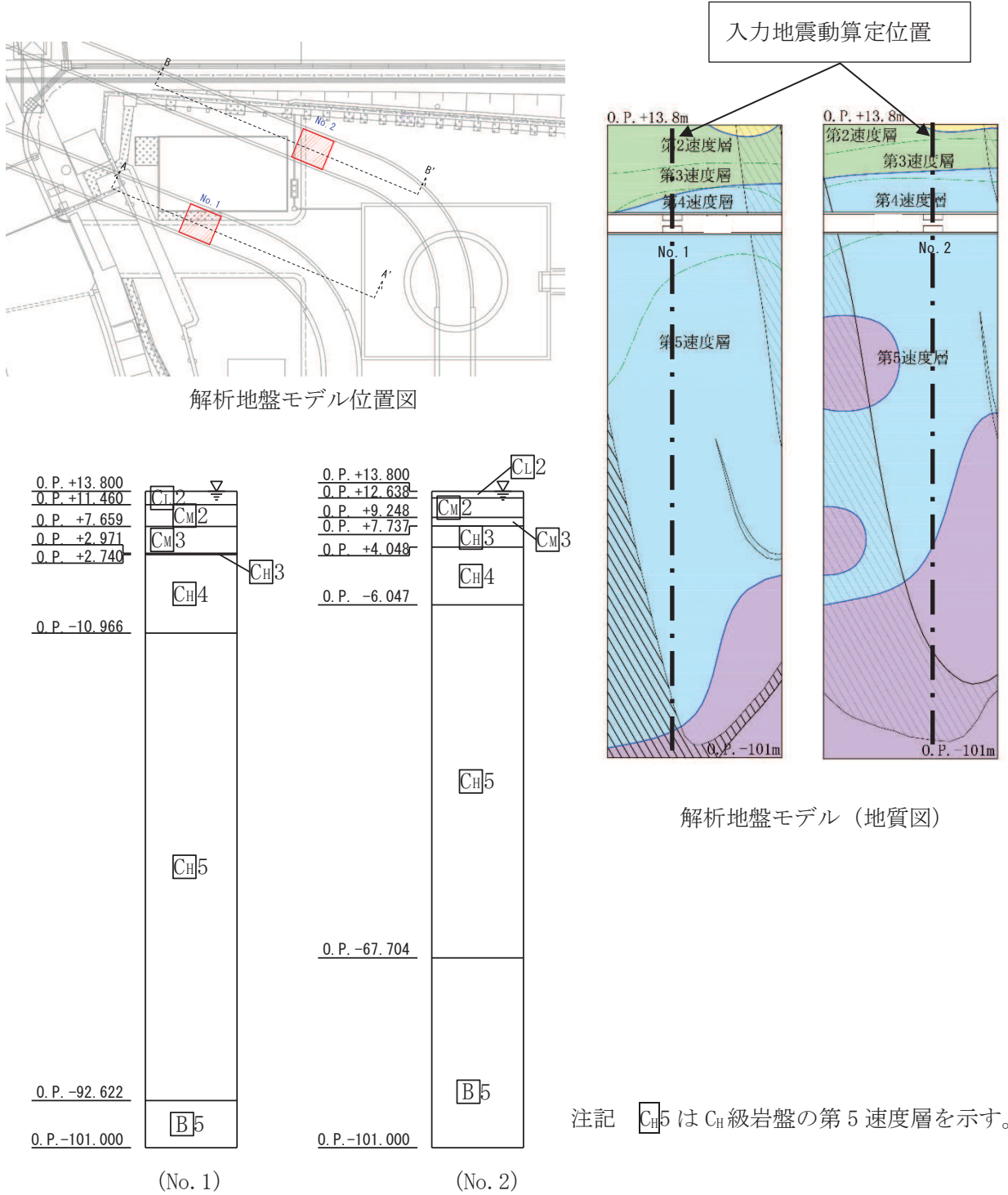
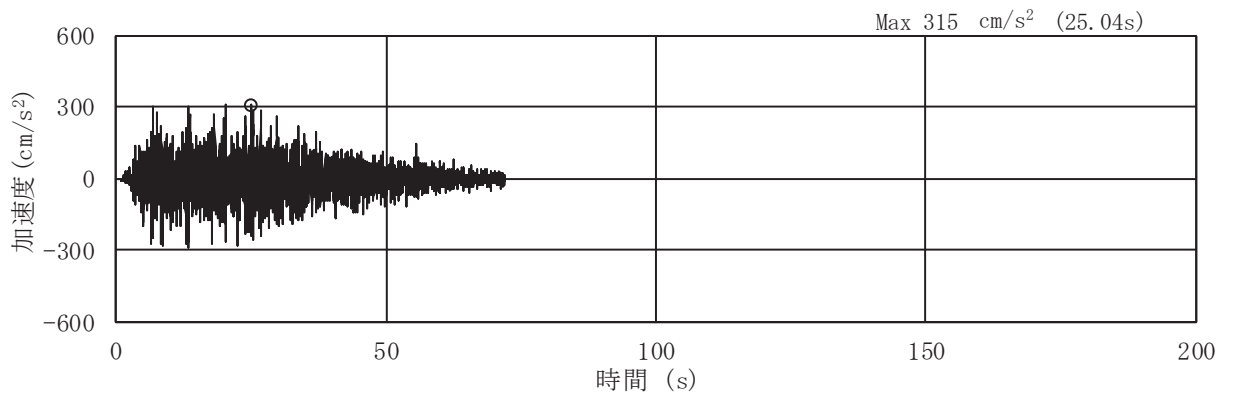
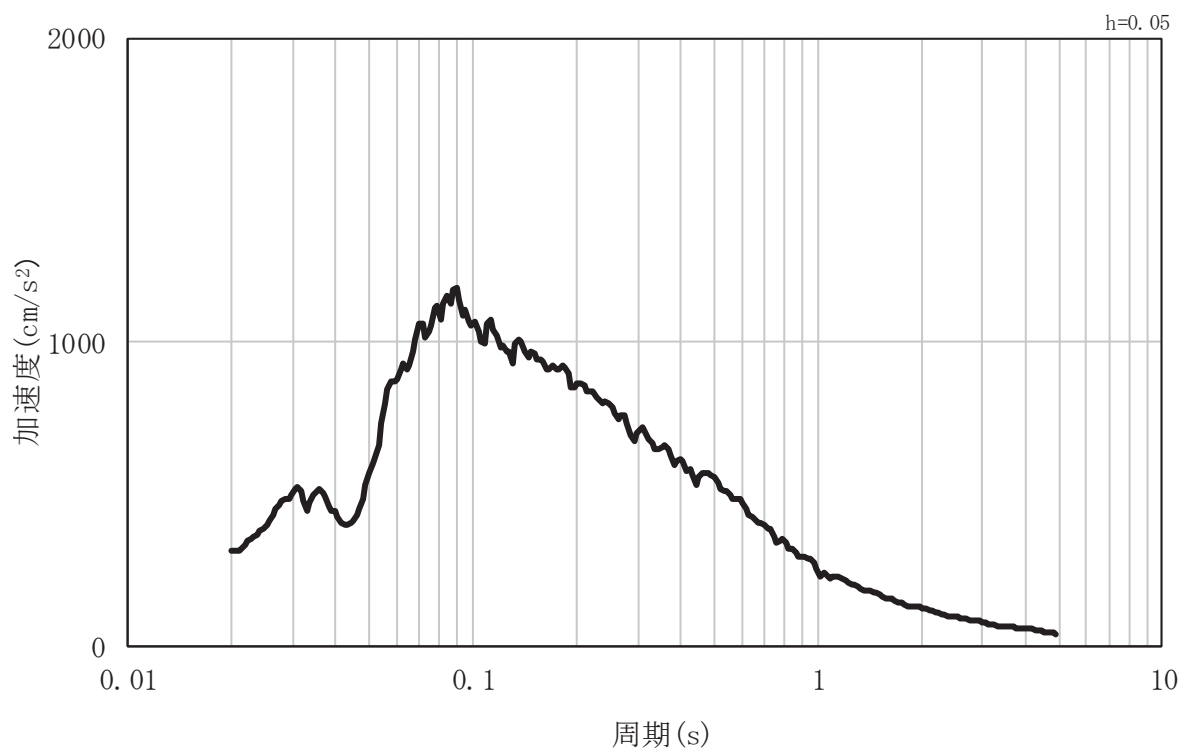


図 3.4-1(2) 入力地震動算定の概念図 (引上げ地盤モデル)

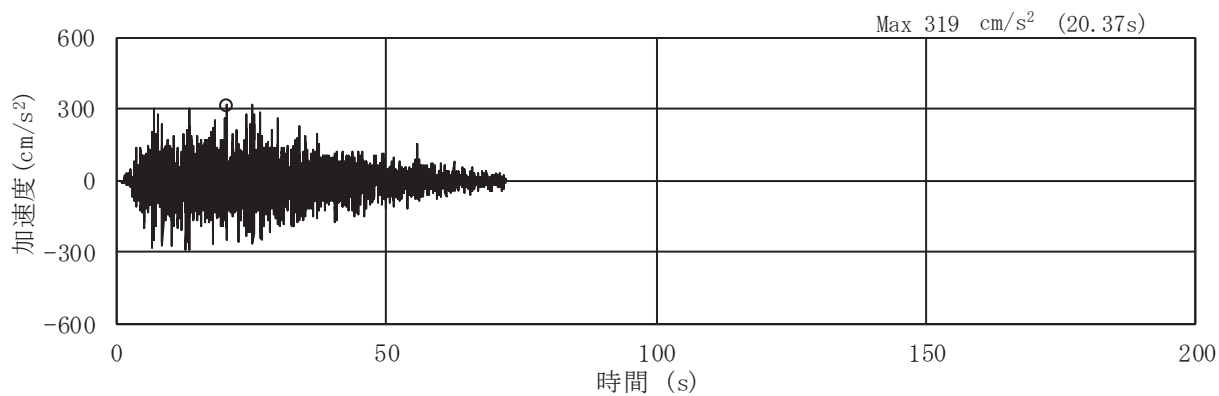


(a) 加速度時刻歴波形

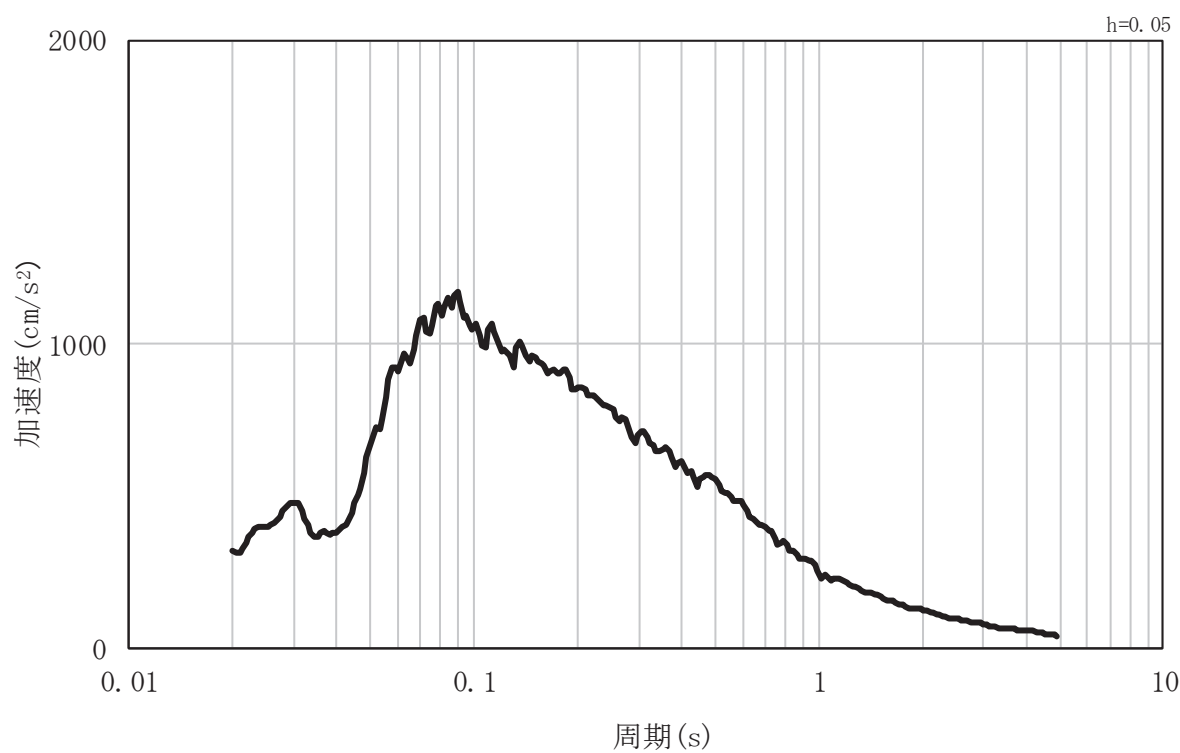


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2(1) 設計水平震度の設定に用いる地震動の
加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (No. 1)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2(2) 設計水平震度の設定に用いる地震動の
加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (No. 2)

(3) 設計水平震度の算定

一次元地震応答解析結果から流路縮小工の中心位置での最大加速度を表 3.3-2 に示す。

取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）(No. 2) のケース②が最も加速度が大きい結果となっている。

ここで、一次元地震応答解析の結果に基づき震度を設定することについて、横断方向の地震応答解析の結果との比較結果を表 3.3-3 に示す。横断方向の解析モデルは、「6.2.1 取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）の耐震性についての計算書に関する補足説明」にて使用している二次元動的有限要素モデルを用い、加速度応答は取放水路流路縮小工部の中心位置とする。二次元動的有限要素モデルの概要を図 3.3-3 に示す。

加速度応答の比較の結果、1 次元地震応答解析と 2 次元地震応答解析（横断方向）において、有意な差は無く、僅かに 1 次元地震応答解析の方が大きい結果となっており、設定した設計震度が妥当であることを確認した。

この結果を踏まえ、一次元地震応答解析により算定した No. 2 位置での加速度を重力加速度で除して設計水平震度とする。

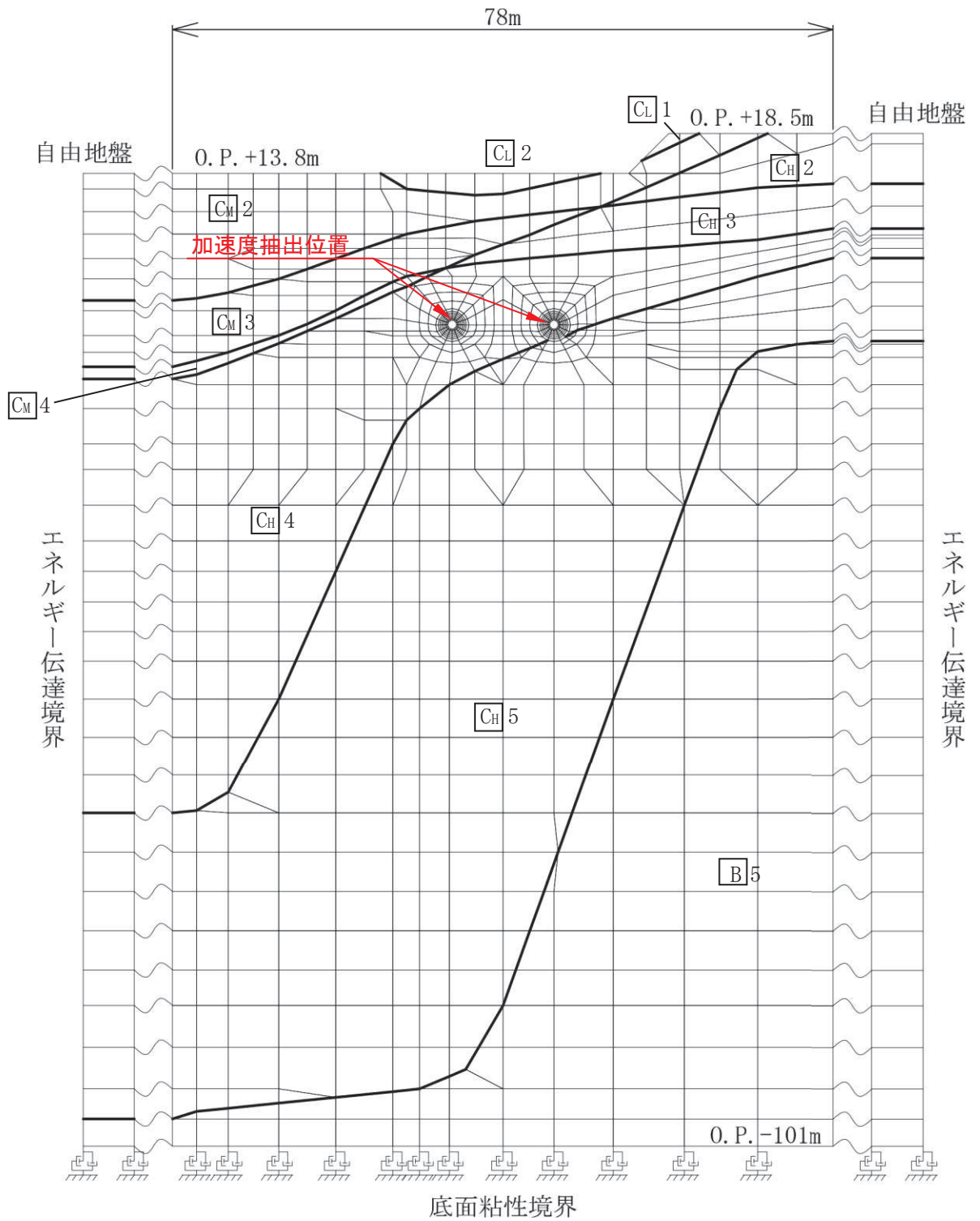
$$\text{設計水平震度 (k h)} = 336(\text{cm/s}^2) / 980.665(\text{cm/s}^2) = 0.343$$

表 3.3-2 地震応答解析結果

解析ケース		①	②	③
		基本ケース	地盤剛性のばらつき (+1σ) を考慮した解析ケース	地盤剛性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース
No. 1	最大加速度 (cm/s ²)	315	335	316
No. 2	最大加速度 (cm/s ²)	319	<u>336</u>	316

表 3.3-3 二次元地震応答解析との地震応答解析結果の比較

解析ケース		1 次元地震応答解析 (縦断方向を想定)	2 次元地震応答解析 (横断方向)
		基本ケース	基本ケース
No. 1	最大加速度 (cm/s ²)	315	289
No. 2	最大加速度 (cm/s ²)	319	288



注) C_H 5 は C_H 級岩盤の第5速度層を示す。

図 3.3-3(1) 二次元動的有限要素モデルの概要

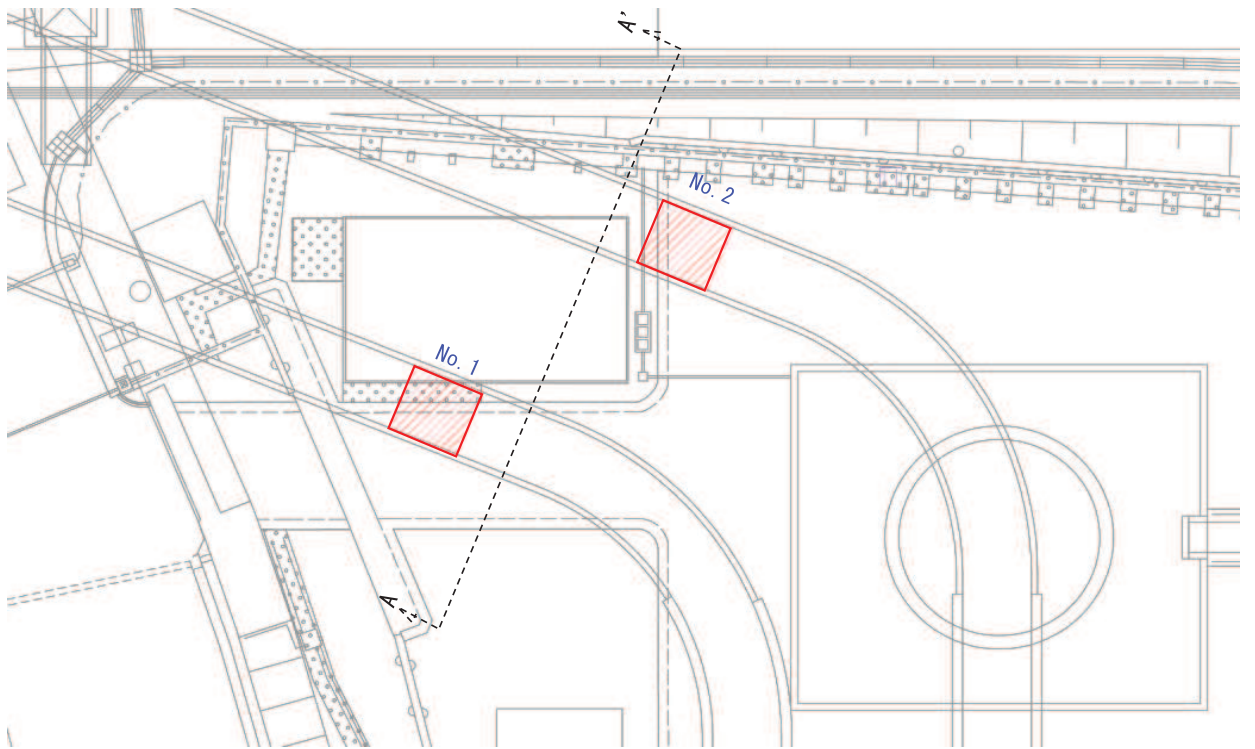


図 3.3-3(2) 二次元動的有限要素モデルの概要
(解析モデル断面位置)

3.3.3 評価方法

強度評価は、「土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」 技術書〔コンクリートダム編〕（農林水産省農村振興局，平成15年4月）」に基づき，以下の3項目について算定した幅が「2.3 評価方針」で設定した流路縮小工幅以下であることを確認する。なお，せん断に対する安定性から算出する幅及び滑動に対する安定性から算出する幅の算定にあたっては，覆工部と充填部間でのせん断を想定した場合L1（L2）と，覆工部と周辺岩盤間のせん断を想定した場合L1'（L2'）の2ケースで算定する。

(1) せん断に対する安定性から算出する幅

a. 覆工部と充填部間でのせん断を想定した場合（L1）（図3.3-4）

$$L1 = \alpha \frac{P \cdot A}{\tau_c \cdot L_0}$$

ここに，L1：せん断に対する安定性から算出する幅(m)

α ：安全率 = 4

P：作用荷重(kN/m²)

A：水路断面積(m²)

τ_c ：コンクリートのせん断強さ(kN/m²)

L₀：付着面の周長(m)

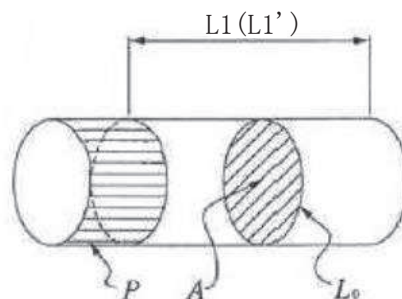


図3.3-4 覆工部または充填部のせん断強さ

b. 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定した場合（L1'）（図3.3-4）

$$L1' = \alpha \frac{P \cdot A}{\tau_r \cdot L_0}$$

ここに，L1'：せん断に対する安定性から算出する幅(m)

α ：安全率 = 4

P：作用荷重(kN/m²)

A：水路断面積(m²)

τ_r ：岩盤のせん断強さ(kN/m²)

L₀：付着面の周長(m)

(2) 滑動に対する安定性から算出する幅

a. 覆工部と充填部間での滑動を想定した場合 (L 2) (図 3.3-5)

$$L 2 = n \frac{P \cdot A}{C_c A + f_c N}$$

ここに, L 2 : 滑動に対する安定性から算出する幅 (m)

n : せん断摩擦安全率 = 4

P : 作用荷重 (kN/m²)

A : 水路断面積 (m²)

C_c : コンクリートの付着力 (kN/m²) (せん断強度)

A' : 付着面の単位長さ当たりの面積 (m²/m)

f_c : コンクリートのせん断抵抗係数 (= tan φ)

N : コンクリート自重による単位長さ当たりの垂直荷重 (kN/m)

$$N = \pi W / (2D)$$

W : 単位長さ当たりの充填部の重量 (kN/m)

D : 充填部の直径 (m)

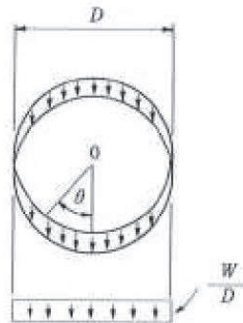


図 3.3-5 覆工部または充填部の周辺の全抵抗力

b. 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定した場合 (L 2') (図 3.3-5)

$$L 2' = n \frac{P \cdot A}{C_r A + f_r N'}$$

ここに, L 2' : 滑動に対する安定性から算出する幅 (m)

n : せん断摩擦安全率 = 4

P : 作用荷重 (kN/m²)

A : 水路断面積 (m²)

C_r : 岩盤の付着力 (kN/m²) (せん断強度)

A' : 付着面の単位長さ当たりの面積 (m²/m)

f_r : 岩盤のせん断抵抗係数(= $\tan \phi$)

N' : コンクリート自重による単位長さ当たりの垂直荷重(kN/m)

$$N' = \pi W' / (2D')$$

W' : 単位長さ当たりの充填部の重量(kN/m)

D' : 覆工部の直径(m)

(3) 曲げに対する安定性から算出する幅(L3) (図 3.3-6)

$$L_3 = \alpha \left(\frac{a}{2} \right) \sqrt{\frac{3P}{\sigma'}}$$

ここに、 L_3 : 曲げに対する安定性から算出する幅(m)

α : 安全率 = 1.5

a : 縮小工半径(m)

P : 作用荷重(kN/m²)

σ' : コンクリートの許容曲げ引張応力度(kN/m²)

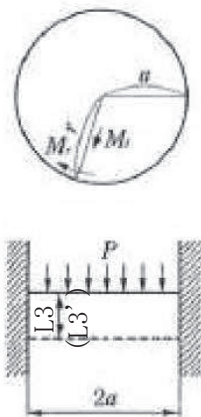


図 3.3-6 充填部を周辺固定円盤と仮定した場合の必要閉塞長

a 打設面のせん断強さからの必要閉塞長 L (図-11.5-2)

$$L = a \frac{P \cdot A}{\tau \cdot L_0} \dots\dots\dots (11.5-1)$$

- ここに P : 水圧 (kPa)
 A : 水圧を受ける断面積 (m²)
 τ : コンクリートと岩盤との接触面のせん断強さ (kN/m²)
 L_0 : 付着の周長 (m)
 a : 安全率 (4以上)

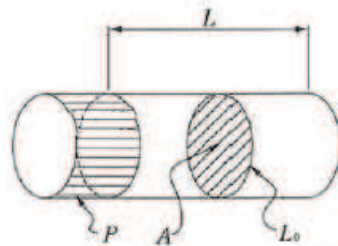


図-11.5-2 プラグ部のせん断強さ

b 滑動に対する必要閉塞長 L

プラグコンクリートに作用する水圧 (H) に対して、プラグコンクリートと周辺コンクリート壁の間の付着力とプラグコンクリートの自重による摩擦力が抵抗して安定する。

$$L = n \cdot \frac{H}{CA' + fN} \dots\dots\dots (11.5-2)$$

- ここに、 L : 必要閉塞長 (m)
 n : せん断摩擦安全率4以上

H : 作用水圧 $H = P \cdot A$

P : 水圧 (kPa)

A : 水圧を受ける面積 $A = \frac{\pi D^2}{4}$ (m²)

D : プラグコンクリート直径 (m)

C : 付着力 (kN/m²)

A' : プラグコンクリートが周辺コンクリート壁と接する全面積 (m²)

$$A' = L_0 \cdot L$$

L_0 : プラグコンクリートが周辺コンクリート壁と接する周長 (m)

f : 岩盤のせん断抵抗係数 = $\tan \phi'$

N : プラグコンクリートが周辺コンクリート壁に接する面に作用する鉛直な力 (kN)

ここで N はプラグの自重によって生じプラグ下半断面に作用する。

図-11.5-3に示すようにプラグコンクリート最下端より中心角 θ の壁面に作用する鉛直応力成分 (σ) は、

$$\sigma = \frac{W}{D} \cos^2 \theta$$

$$N = 2L \int_0^{\pi/2} \sigma d\theta = \frac{\pi LW}{2D}$$

$$\therefore fN = f \frac{\pi LW}{2D}$$

ただし、 W ：単位長さ当たりプラグコンクリート重量 (N/m)
よって、全抵抗力は、

$$CA' + f \cdot N = L \left(C \cdot \pi \cdot D + f \cdot \frac{\pi W}{2D} \right)$$

$$\therefore L = n \frac{H}{C \cdot \pi \cdot D + f \cdot \frac{\pi W}{2D}}$$

$$= n \cdot \frac{H}{\pi} \cdot \frac{2D}{2CD^2 + fW} \dots\dots\dots (11.5-3)$$



図-11.5-3 プラグコンクリート周辺の全抵抗力

c 周辺が固定の円板としての必要閉塞長 L (図-11.5-4)

ここに、 a ：閉塞部半径

M_r ：円周方向モーメント

M_t ：半径方向モーメント

等分布荷重載荷の周辺固定の円形板とすれば、

$$M_r = \frac{Pa^2}{16} \left[(3 + \nu) \left\{ 1 - \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right\} - 2 \right]$$

$$M_t = \frac{Pa^2}{16} \left[(1 + 3\nu) \left\{ 1 - \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right\} - 2\nu \right]$$

ここに、 ν ：コンクリートのポアソン比 $\frac{1}{m} = 0.2$

したがって周辺においては、

$$M_r = \frac{Pa^2}{8}, M_t = M_r \cdot \nu$$

ここで、円周方向のモーメントについて検討するとコンクリート板の断面係数は

$$W = \frac{bL^2}{6}$$

$$\text{したがって } \sigma = \frac{3}{4} \cdot \frac{Pa^2}{bL^2}$$

ここに、 b ：単位幅 (m)

L ：コンクリート板の厚 (m)

コンクリートの許容曲げ引張強度を σ' とすれば、必要閉塞長 L は、

$$L = a \frac{a}{2\sqrt{\sigma'}} \sqrt{\frac{3P}{\sigma'}} \dots\dots\dots (11.5-4)$$

ここに、 a ：安全率

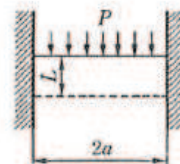


図-11.5-4 周辺固定円盤の必要閉塞長

3.3.4 使用材料及び材料の物性値

強度評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 3.3-4 に、材料の物性値を表 3.3-5 に示す。

表 3.3-4 構造物の使用材料

部位	材料	諸元
覆工部	コンクリート	設計基準強度： $f'_{ck} = 20.5\text{N/mm}^2$
充填部	コンクリート	設計基準強度： $f'_{ck} = 50.0\text{N/mm}^2$

表 3.3-5 材料の物性値

分類	せん断強度 (τ_0, C)	内部摩擦角 (ϕ)	許容曲げ引張応力度 (σ')
岩盤 (C _H 級)	1.72N/mm ² *1	43° *1	—
覆工部	4.10N/mm ² *2	0° *3	0.28N/mm ² *4
充填部	10.0N/mm ² *2	0° *3	0.43N/mm ² *4

注記 *1：解析用物性値（狐崎部層の C_H級岩盤の値を採用）

*2：コンクリート標準示方書 [ダムコンクリート編]（土木学会，2013 年制定）に基づき設定

*3：保守的に考慮しない

*4：コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（土木学会，2002 年制定）に基づき設定

4. 強度評価

4.1 荷重算出

浸水津波荷重として静水圧、流水圧及び推力を、余震荷重として慣性力及び動水圧を算出する。

4.1.1 浸水津波荷重の算出

静水圧P 1の算出

$$P 1 = \rho_0 g h = 1.03 \times 9.80665 \times (24.9 - (-5.747)) = 309.6 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ここに、 ρ_0 : 海水の密度 = 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度 = 9.80665 (m/s²)

h : 充填部下端における水深 = $h_1 - h_2$ (m)

h_1 : 設計用津波水位 (O. P.) = 24.9 (m)

h_2 : 充填部下端位置 (O. P.) = -5.747 (m)

流水圧P 2の算出

流水圧は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）」に基づき算定する。

$$P 2 = \frac{1}{2} \times C_d \times \rho_0 \times A_1 \times U^2 = \frac{1}{2} \times 2.01 \times 1.03 \times \square \times 10^2 = \square$$

ここに、 C_d : 抗力係数 = 2.01 (保守的に最大値とする)

ρ_0 : 海水の密度 = 1.03 (t/m³)

$$A_1 : \text{充填部の断面積 (m}^2\text{)} = \frac{\pi \times D_1^2}{4} = \square = \square$$

D_1 : 充填部直径 = \square

U : 流速 = 10 (m/s)

(流路縮小工前面及び背面の最大流速を考慮して設定)

推力P 5の算出

推力は、「水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）（水門鉄管技術協会，平成 29 年版）」に基づき算定する。なお，推力算定に用いる流水の摩擦抵抗係数 (f) は、「水理公式集（土木学会，2018 年版）」に基づき算定する。

$$P 5 = \frac{2 f Q^2}{g \pi D_3} \times L = \frac{2 \times 8 g n^2 / \left(\frac{D_3}{4}\right)^{\frac{1}{3}} \times (v \times A_3)^2}{g \pi D_3} \times L$$

$$= \frac{2 \times 8 \times 9.80665 \times 0.015^2 / \square \times (20 \times \square)^2}{9.80665 \times \pi \times \square} \times 3.50 = \square$$

ここに、 f : 流水の摩擦抵抗係数 ($t f / m^3$)

$$f = 8 g n^2 / \left(\frac{D_3}{4} \right)^{\frac{1}{3}}$$

g : 重力加速度 = 9.80665 (m/s^2)

n : 充填部の粗度係数 = 0.015 ($m^{-1/3}s$)

D_3 : 貫通部直径 = \square

Q : 流量 = $v \times A_3$ (m^3/s)

v : 流速 = 20 (m/s)

(流路縮小工貫通部の最大流速を考慮して設定)

$$A_3 : \text{充填部貫通部の断面積}(m^2) = \frac{\pi \times D_3^2}{4} = \square$$

4.1.2 余震荷重の算出

慣性力 P 3 の算出

$$P_3 = k_h W = k_h \times \gamma \times A_1 \times L = 0.343 \times 23.0 \times \square \times 3.5 = \square$$

ここに、 k_h : 設計水平震度

γ : 充填部の単位体積重量 = 23.0 (kN/m^3)

$$A_1 : \text{充填部の断面積}(m^2) = \frac{\pi \times D_1^2}{4} = \square$$

L : 充填部幅 = 3.5 (m)

D_1 : 充填部直径 = \square

動水圧 P 4 の算出

$$P_4 = \frac{7}{8} \times k_h \times \rho_0 \times g \times \sqrt{h^2} = \frac{7}{8} \times 0.343 \times 1.03 \times 9.80665 \sqrt{\{24.9 - (-5.747)\}^2}$$

$$= 93.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ここに、 k_h : 設計水平震度

ρ_0 : 海水の密度 = 1.03 (t/m^3)

g : 重力加速度 = 9.80665 (m/s^2)

h : 充填部下端における水深 = $h_1 - h_2$ (m)

h_1 : 設計用津波水位 (O.P.) = 24.9 (m)

h_2 : 充填部下端位置 (O.P.) = -5.757 (m)

4.2 強度評価

4.2.1 せん断に対する安定性から算出する幅

(1) 充填部と覆工部でのせん断を想定した場合 (L1)

$$L1 = \alpha \frac{P \cdot A}{\tau_c \cdot L_0} = \alpha \frac{(P1 \times A_1 + P2 + P3 + P4 \times A_1 + P5)}{\tau_c \cdot L_0}$$

$$= 4 \times \frac{(309.6 \times \boxed{} + 93.0 \times \boxed{})}{4100 \times \boxed{}} = \boxed{}$$

ここに、 α : 安全率=4

$$A_1 : \text{充填部の断面積(m}^2\text{)} = \frac{\pi \times D_1^2}{4} = \boxed{}$$

$$D_1 : \text{充填部直径} = \boxed{}$$

$$\tau_c : \text{覆工部せん断強度} = 4100 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$L_0 : \text{充填部周長} = \pi \times D_1 = \pi \times \boxed{}$$

(2) 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定した場合 (L1')

$$L1' = \alpha \frac{P \cdot A}{\tau_r \cdot L_0'} = \alpha \frac{(P1 \times A_1 + P2 + P3 + P4 \times A_1 + P5)}{\tau_r \cdot L_0'}$$

$$= 4 \times \frac{(309.6 \times \boxed{} + 93.0 \times \boxed{})}{1720 \times \boxed{}} = \boxed{}$$

ここに、 α : 安全率=4

$$A_1 : \text{充填部の断面積(m}^2\text{)} = \frac{\pi \times D_1^2}{4} = \boxed{}$$

$$D_1 : \text{充填部直径} = \boxed{}$$

$$\tau_r : \text{岩盤のせん断強度} = 1720 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$L_0' : \text{流路縮小工全体の周長} = \pi \times D_2 = \pi \times \boxed{}$$

$$D_2 : \text{流路縮小工全体の直径} = \boxed{}$$

4.2.2 滑動に対する安定性から算出する幅

(1) 充填部と覆工部間での滑動を想定した場合 (L2)

$$L2 = n \frac{P \cdot A}{C_c A + f_c N} = n \frac{(P1 \times A_1 + P2 + P3 + P4 \times A_1 + P5)}{C_c \times \pi \times D_1 + \tan \phi \times (\pi \times \frac{\gamma \times A_1}{D_1})}$$

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

$$=4 \times \frac{(309.6 \times \boxed{} + 93.0 \times \boxed{})}{4100 \times \pi \times \boxed{} + 0 \times (\pi \times \boxed{})} = \boxed{}$$

ここに、n：安全率=4

C_c：充填部の付着力=4100(kN/m²)

D₁：充填部直径= $\boxed{}$

φ：充填部内部摩擦角=0(°)

γ：充填部の単位体積重量=23.0(kN/m³)

A₁：充填部の断面積(m²) = $\frac{\pi \times D_1^2}{4} = \boxed{}$

(2) 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定した場合 (L 2')

$$L 2' = n \frac{P \cdot A}{C_r A + f_r N} = n \frac{(P 1 \times A_1 + P 2 + P 3 + P 4 \times A_1 + P 5)}{C_r \times \pi \times D_2 + \tan \phi \times (\pi \times \frac{\gamma \times A_2}{D_2})}$$

$$=4 \times \frac{(309.6 \times \boxed{} + 93.0 \times \boxed{})}{1720 \times \pi \times \boxed{} + 0.93 \times (\pi \times \boxed{})} = \boxed{}$$

ここに、n：安全率=4

C_r：岩盤の付着力=1720(kN/m²)

D₂：流路縮小工全体直径= $\boxed{}$

φ'：岩盤の内部摩擦角=43(°)

γ：充填部の単位体積重量=23.0(kN/m³)

A₂：流路縮小工全体の断面積(m²) = $\frac{\pi \times D_2^2}{4} \boxed{}$

4.2.3 曲げに対する安定性から算出する幅 (L 3)

$$L 3 = \alpha \left(\frac{a}{2}\right) \sqrt{\frac{3P}{\sigma}} = \alpha \left(\frac{a}{2}\right) \sqrt{\frac{3 \times \left(P 1 + \frac{P 2}{A_1} + \frac{P 3}{A_1} + P 4 + \frac{P 5}{A_3}\right)}{\sigma}}$$

$$=1.5 \times \left(\frac{\boxed{}}{2}\right) \times \sqrt{\frac{3 \times (309.6 + \boxed{} + 93.0 + \boxed{})}{430}} = \boxed{}$$

ここに、α：安全率=1.5 (保守的に1.5とする)

a： $\frac{D_1}{2} = \frac{\boxed{}}{2} = \boxed{}$

D₁：充填部直径= $\boxed{}$

σ：コンクリートの許容曲げ引張応力度=430(kN/m²)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

$$A_3 : \text{充填部貫通部の断面積}(\text{m}^2) = \frac{\pi \times D_3^2}{4} = \boxed{}$$

$$D_3 : \text{貫通部直径} = \boxed{}$$

4.3 解析ケースごとの強度評価結果

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）のNo.1の解析ケースごとの強度評価結果を表4.3-1に、No.2の解析ケースごとの強度評価結果を表4.3-2に示す。

表4.3-1(1) No.1 解析ケース① 照査結果

項目	必要幅 (m) (a)	流路縮小工幅 (m) (b)	照査値 (a / b)
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間でのせん断を想定した 場合 (L1)	0.43	3.50	0.13
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定 した場合 (L1')	0.87	3.50	0.25
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間での滑動を想定した 場合 (L2)	0.43	3.50	0.13
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定し た場合 (L2')	0.86	3.50	0.25
曲げに対する安定性から算出する幅 (L3)	2.42	3.50	0.70

表4.3-1(2) No.1 解析ケース② 照査結果

項目	必要幅 (m) (a)	流路縮小工幅 (m) (b)	照査値 (a / b)
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間でのせん断を想定し た場合 (L1)	0.44	3.50	0.13
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定 した場合 (L1')	0.88	3.50	0.26
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間での滑動を想定した 場合 (L2)	0.44	3.50	0.13
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定し た場合 (L2')	0.87	3.50	0.25
曲げに対する安定性から算出する幅 (L3)	2.44	3.50	0.70

表 4.3-1(3) No.1 解析ケース③ 照査結果

項目	必要幅 (m) (a)	流路縮小工幅 (m) (b)	照査値 (a / b)
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間でのせん断を想定した 場合 (L 1)	0.43	3.50	0.13
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定 した場合 (L 1')	0.87	3.50	0.25
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間での滑動を想定した 場合 (L 2)	0.43	3.50	0.13
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定し た場合 (L 2')	0.86	3.50	0.25
曲げに対する安定性から算出する幅 (L 3)	2.42	3.50	0.70

表 4.3-2(1) No.2 解析ケース① 照査結果

項目	必要幅 (m) (a)	流路縮小工幅 (m) (b)	照査値 (a / b)
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間でのせん断を想定し た場合 (L 1)	0.43	3.50	0.13
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定 した場合 (L 1')	0.87	3.50	0.25
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間での滑動を想定した 場合 (L 2)	0.43	3.50	0.13
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定し た場合 (L 2')	0.86	3.50	0.25
曲げに対する安定性から算出する幅 (L 3)	2.42	3.50	0.70

表 4.3-2(2) No.2 解析ケース② 照査結果

項 目	必要幅 (m) (a)	流路縮小工幅 (m) (b)	照査値 (a / b)
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間でのせん断を想定した 場合 (L 1)	0.44	3.50	0.13
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定 した場合 (L 1')	0.88	3.50	0.26
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間での滑動を想定した 場合 (L 2)	0.44	3.50	0.13
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定し た場合 (L 2')	0.87	3.50	0.25
曲げに対する安定性から算出する幅 (L 3)	2.44	3.50	0.70

表 4.3-2(3) No.2 解析ケース③ 照査結果

項 目	必要幅 (m) (a)	流路縮小工幅 (m) (b)	照査値 (a / b)
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間でのせん断を想定し た場合 (L 1)	0.43	3.50	0.13
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定 した場合 (L 1')	0.87	3.50	0.25
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間での滑動を想定した 場合 (L 2)	0.43	3.50	0.13
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定し た場合 (L 2')	0.86	3.50	0.25
曲げに対する安定性から算出する幅 (L 3)	2.42	3.50	0.70

5. 強度評価結果

算出した必要幅が、流路縮小工幅以下であることを確認した。

照査結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 照査結果

項 目	必要幅 (m) (a)	流路縮小工幅 (m) (b)	照査値 (a / b)
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間でのせん断を想定した 場合 (L 1)	0.44	3.50	0.13
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定 した場合 (L 1')	0.88	3.50	0.26
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間での滑動を想定した 場合 (L 2)	0.44	3.50	0.13
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定し た場合 (L 2')	0.87	3.50	0.25
曲げに対する安定性から算出する幅 (L 3)	2.44	3.50	0.70

- 6. 浸水防護施設に関する補足説明
- 6.2 取放水路流路縮小工の設計に関する補足説明
- 6.2.4 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の強度計算書に関する補足説明

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	4
2.4 適用基準	6
2.5 記号の説明	7
3. 強度評価方法	10
3.1 評価対象断面及び部位	10
3.2 荷重及び荷重の組合せ	11
3.3 評価方法	15
4. 強度評価	28
4.1 荷重算出	28
4.2 強度評価	30
4.3 解析ケースごとの強度評価結果	33
5. 強度評価結果	35

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重及び余震荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持することを確認するものである。

なお、取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）の強度評価においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下が発生したことを考慮し、地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2. 基本方針

2.1 位置

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の位置図を図2.1-1に示す。

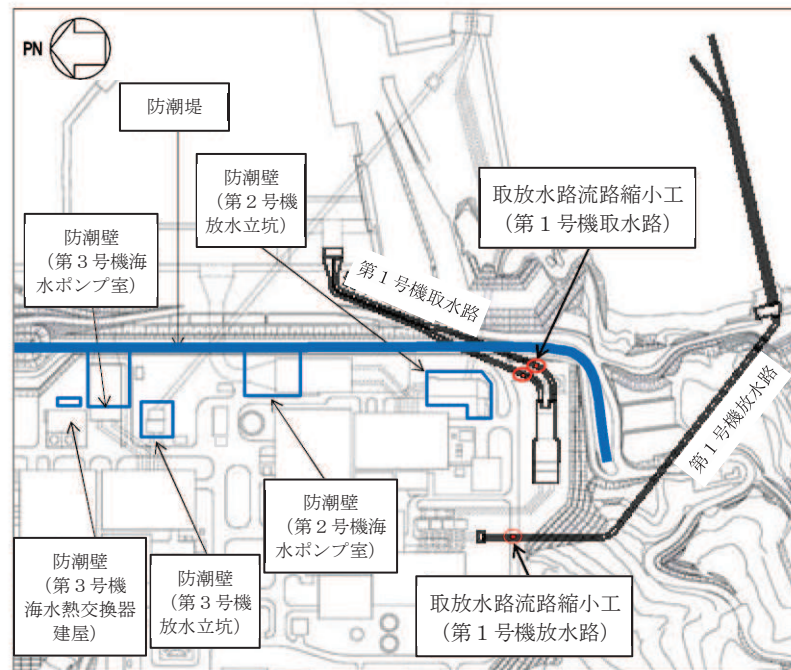



図 2.1-1 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の位置図（全体平面図）

2.2 構造概要

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の平面図及び断面図を図2.2-1に示す。

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）は、第1号機放水路からの津波の流入を抑制し、第1号機放水路から敷地への津波の流入を防止するため、第1号機放水路内に無筋のコンクリートを充填する。よって、取放水路流路縮小工（第1号機放水路）は、覆工部と充填部から構成される。

第1号機の補機冷却海水を放水するため、貫通部（×1条）を設ける。

なお、本強度計算書では、充填部のB-B断面の幅を流路縮小工の幅とする。

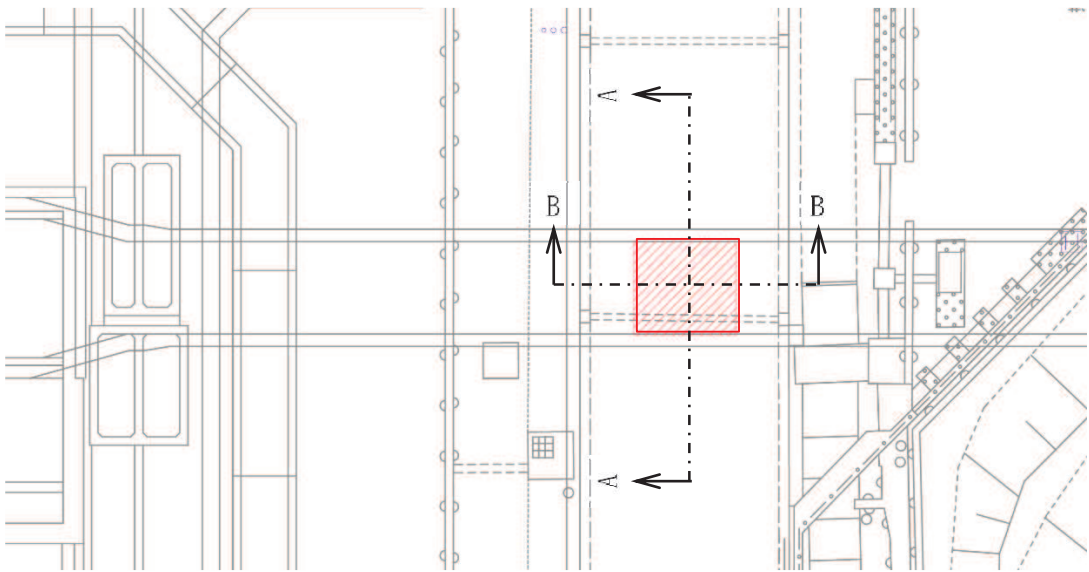


図 2.2-1(1) 取放水路流路縮小工（第1号機放水路） 平面図

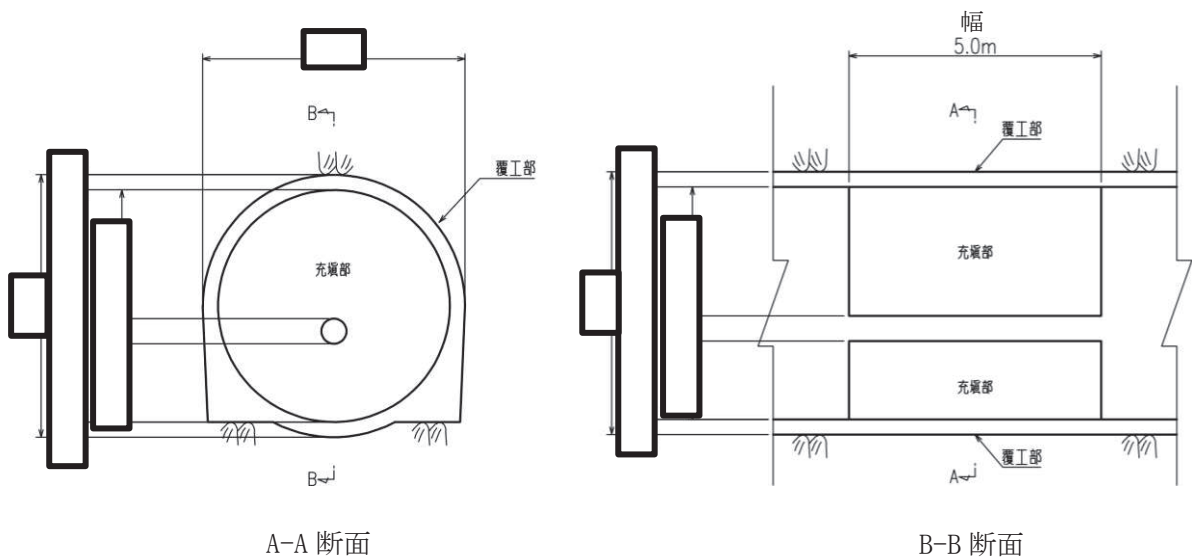


図 2.2-1(2) 取放水路流路縮小工（第1号機放水路） 断面図

2.3 評価方針

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）は、Sクラス施設である津波防護施設に分類される。

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の強度評価においては、添付書類「VI-3-別添3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している方法を用いて、強度計算を実施する。なお、強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」という。）について行う。ただし、「重畳時」の津波荷重は「津波時」の津波荷重を用いていることから、「重畳時」が保守的な評価となることは明白であるため、「津波時」の検討は省略する。

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の強度評価は、水路縦断方向に作用する津波荷重及び余震荷重に対して、表2.3-1に示すとおり、せん断、滑動及び曲げに対して安定性を確保できる必要幅が、流路縮小工の設置幅（縦断方向の閉塞長）以下であることを確認することにより、安定性を損なわないことを評価する。

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の強度評価フローを図2.3-1に示す。

表 2.3-1 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	流路縮小工の幅
安定性を損なわないこと	構造部材の安定性	流路縮小工	せん断、滑動及び曲げに対する必要幅が流路縮小工の設置幅（縦断方向の閉塞長）以下であることを確認	5.0m

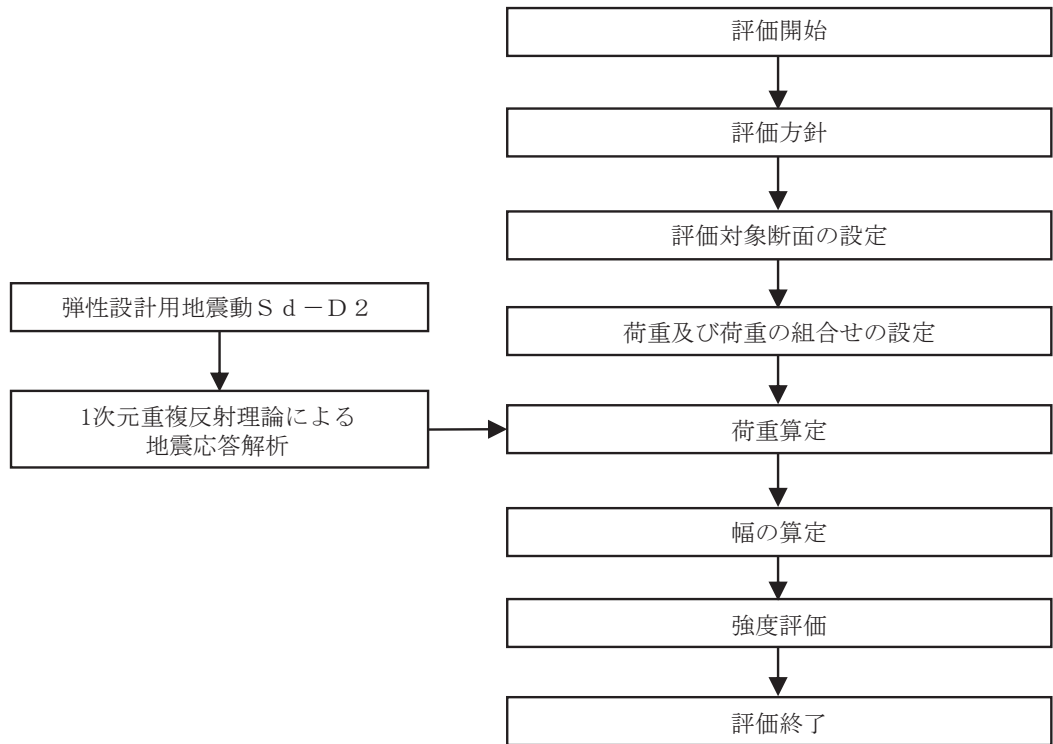


図 2.3-1 取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）の強度評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。また，各項目で適用する規格，基準類を表 2.4-1 に示す。

- ・土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」 技術書〔コンクリートダム編〕（農林水産省農村振興局，平成 15 年 4 月）
- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）
- ・コンクリート標準示方書〔設計編〕（土木学会，2017 年制定）
- ・コンクリート標準示方書〔ダムコンクリート編〕（土木学会，2013 年制定）
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）
- ・水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）（水門鉄管技術協会，平成 29 年版）
- ・水理公式集（土木学会，2018 年版）

表 2.4-1 各項目で適用する規格，基準類

項目	適用する規格，基準類	備考
使用材料及び材料定数	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002 年制定） ・コンクリート標準示方書〔ダムコンクリート編〕（土木学会，2013 年制定） 	—
評価方法	<ul style="list-style-type: none"> ・土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」 技術書〔コンクリートダム編〕（農林水産省農村振興局，平成 15 年 4 月） 	・照査項目及び評価方法
荷重及び荷重の組合せ	<ul style="list-style-type: none"> ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月） ・水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）（水門鉄管技術協会，平成 29 年版） ・水理公式集（土木学会，2018 年版） 	・照査項目及び評価方法
許容限界	<ul style="list-style-type: none"> ・土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」 技術書〔コンクリートダム編〕（農林水産省農村振興局，平成 15 年 4 月） 	・評価項目ごとに算定した幅が，流路縮小工の幅以下であることを確認。

2.5 記号の説明

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の強度評価に用いる記号を表2.5-1にそれぞれ示す。

表2.5-1(1) 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の強度評価に用いる記号

記号	定義	単位
G	固定荷重	N
P	積載荷重	kN/m ²
K _{s d}	余震荷重	N
P _h	浸水津波荷重	kN
P _{h s}	津波荷重（静水圧）	kN
P _{h f}	流水圧	kN
C _D	抗力係数	-
ρ _o	海水の密度	t/m ³
A	流れの方向の物体の投影面積・水路断面積	m ²
U	流路縮小工前面及び背面の最大流速を考慮した場合の流速	m/s
P _{h t}	推力	kN
f	流水の摩擦抵抗係数	-
D	貫通部内径	m
L	貫通部長さ	m
Q	流量	m ³ /s
V	流路縮小工貫通部の最大流速を考慮した場合の流速	m/s
n	粗度係数（コンクリート）	m ^{-1/3} /s
L ₁	覆工部と充填部間でのせん断を想定した場合のせん断に対する安定性から算出する幅	m
L ₁ '	覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定した場合のせん断に対する安定性から算出する幅	m
α	安全率	-
P	作用荷重	kN/m ²
τ _c	コンクリートのせん断強さ	kN/m ²
τ _r	岩盤のせん断強度	kN/m ²
L _o	付着面の周長	m
L _o '	流路縮小工全体の周長	

表 2.5-1(2) 取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）の強度評価に用いる記号

記号	定義	単位
L 2	覆工部と充填部間での滑動を想定した場合滑動に対する安定性から算出する幅	m
L 2'	覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定した場合の滑動に対する安定性から算出する幅	m
n	せん断摩擦安全率	-
C _c	コンクリートの付着力（せん断強度）	kN/m ²
A'	付着面の単位長さ当たりの面積	m ² /m
f _c	コンクリートのせん断抵抗係数	-
N	コンクリート自重による単位長さ当たりの垂直荷重	kN/m
W	単位長さ当たりの充填部の重量	kN/m
C _r	岩盤の付着力（せん断強度）	kN/m ²
f _r	岩盤のせん断抵抗係数	-
N'	コンクリート自重による単位長さ当たりの垂直荷重	kN/m
W'	単位長さ当たりの充填部の重量	kN/m
D'	覆工部の直径	m
L 3	曲げに対する安定性から算出する幅	m
a	縮小工半径	mm
σ'	コンクリートの許容曲げ引張応力度	kN/m ²
f' c k	設計基準強度	N/mm ²
P 1	静水圧	kN/m ²
P 2	流水圧	kN
P 3	慣性力	kN/m ³
P 4	動水圧	kN/m ²
P 5	推力	kN
h	充填部下端における水深 = $h_1 - h_2$	m
h ₁	設計用津波水位 (O. P.)	m
h ₂	充填部下端位置 (O. P.)	m
D ₁	充填部直径	m
D ₂	流路縮小工全体の直径	m
D ₃	貫通部直径	m
A ₁	充填部の断面積	m ²
A ₂	流路縮小工全体の断面積	m ²
A ₃	充填部貫通部の断面積	m ²

表 2.5-1(3) 取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）の強度評価に用いる記号

記号	定義	単位
k_h	設計水平震度	-
γ	充填部の単位体積重量	kN/m^3
ϕ	充填部内部摩擦角	°
ϕ'	岩盤の内部摩擦角	°

3. 強度評価方法

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の強度評価は、「2.3 評価方針」及び「3.2 荷重及び荷重の組合せ」において設定している荷重及び荷重の組合せ，並びに流路縮小工幅を踏まえて実施する。強度評価では，本章に示す方法により，「4. 強度評価」に示す評価条件を用いて評価し，「5. 強度評価結果」より，せん断，滑動及び曲げに対する必要幅が流路縮小工幅以下であることを確認する。

3.1 評価対象断面及び部位

3.1.1 評価対象断面

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の重畳時の評価は，作用する荷重が支配的となる水路縦断方向に作用する津波荷重及び余震荷重に対して，せん断，滑動及び曲げに対する安定性を損なわないことを評価することから，評価対象断面は水路縦断方向とする。

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の評価対象断面位置図を図3.1-1に示す。評価対象断面の地質図を図3.1-2に示す。

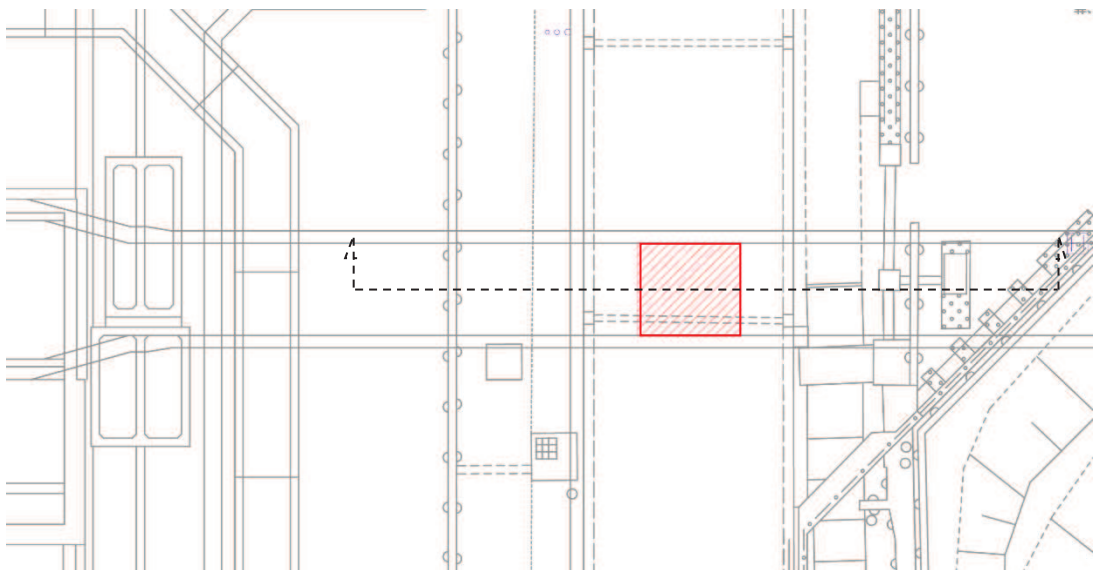


図 3.1-1 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の評価対象断面位置図

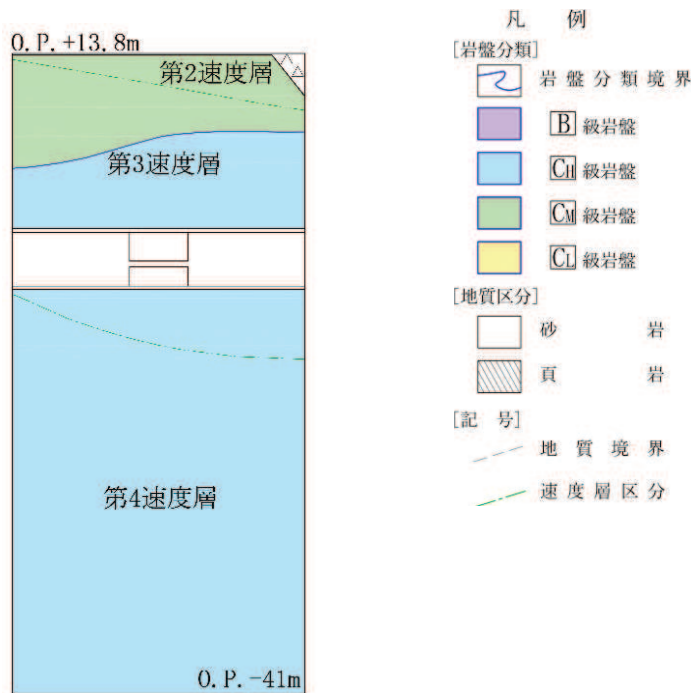


図 3.1-2 取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）の評価対象地質断面図

3.1.2 評価対象部位

評価対象部位は、構造部材の安定性が要求される流路縮小工とする。

3.2 荷重及び荷重の組合せ

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

3.2.1 荷重

取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）の強度評価において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

地表面に積載荷重 $4.9 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ を考慮する。

(3) 余震荷重 (K s d)

余震荷重は、弾性設計用地震動 S d - D 2 による慣性力及び動水圧を考慮する。

動水圧については、Westergaard の式により設定する。

(4) 浸水津波荷重 (P h)

a. 津波荷重 (静水圧) (P h s)

津波荷重については, 設計用津波水位(入力津波による浸水高さ(0. P. +24. 4m)に+0. 5mの余裕を考慮した水位)に基づく静水圧を考慮する。

b. 流水圧 (P h f)

「港湾の施設の技術上の基準・同解説 (日本港湾協会, 平成 19 年 7 月)」に基づき以下の式により算定する。

$$P h f = \frac{1}{2} \times C_D \times \rho_0 \times A \times U^2$$

ここに, P h f : 流水圧 (kN)

C_D : 抗力係数 =2. 01 (保守的に最大値とする)

ρ_0 : 水の密度 =1. 03(t/m³)

A : 流れの方向の物体の投影面積 (m²)

U : 流速 (m/s) *流路縮小工前面及び背面の最大流速 (6. 46m/s) に余裕を考慮し(10m/s)設定した。詳細は 1. 4 管路解析モデルについて (参考 2) に示す。

c. 推力 (P h t)

推力は「水門鉄管技術基準 (水圧鉄管・鉄鋼構造物編) (水門鉄管技術協会, 平成 29 年版)」に基づき以下の式により算定する。

$$P h t = \frac{2 f Q^2}{g \pi D^3} \times L$$

ここに, P h t : 流水の摩擦による推力 (kN)

f : 流水の摩擦抵抗係数 (tf/m³)

$$f = 8 g n^2 / \left(\frac{D}{4} \right)^{\frac{1}{3}}$$

D : 貫通部内径 (m)

L : 貫通部長さ (m)

Q : 流量 = v × A (m³/s)

A : 貫通部内断面積 (m²)

v : 貫通部内流速 (m/s) *流路縮小工貫通部の最大流速 (11. 49m/s) に余裕を考慮し(20m/s)設定した。詳細は 1. 4 管路解析モデルについて (参考 2) に示す。

n : 粗度係数 (コンクリート) 0. 015(m^{-1/3}s)

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3.2-1 に、荷重の作用図を図 3.2-1 に示す。

表 3.2-1(1) 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
重畳時	G + P + K _{s d} + P _h

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (4.9kN/m²を地表面に考慮)

K_{s d} : 余震荷重

P_h : 浸水津波荷重

表 3.2-1(2) 荷重の組合せ

種別	荷重		算定方法
永久荷重	固定荷重	躯体自重	○ ・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	— ・対象構造物に作用する機器・配管はないため考慮しない。
		土被り荷重	— ・安定した岩盤内に設置されるため考慮しない。
		積載荷重	○ ・地表面に 4.9(kN/m ²)を考慮する。
	静止土圧	— ・安定した岩盤内に設置されるため考慮しない。	
	外水圧	— ・つり合っているため考慮しない	
	内水圧	— ・つり合っているため考慮しない	
	積雪荷重	— ・岩盤内構造物であることから考慮しない。	
	風荷重	— ・岩盤内構造物であることから考慮しない。	
余震荷重	水平地震動	○ ・弾性設計用地震動 S _d - D ₂ による躯体の慣性力を考慮する。	
	鉛直地震動	— ・主たる荷重が水平方向荷重のため考慮しない。	
	動水圧	○ ・設計用津波水位での動水圧を考慮する。	
浸水津波荷重	津波荷重	○ ・設計用津波水位からの静水圧として考慮する。	
	流水圧	○ ・津波流速により充填部の前面に作用する荷重を考慮する。	
	推力	○ ・津波流速により充填部の内部に作用する荷重を考慮する。	

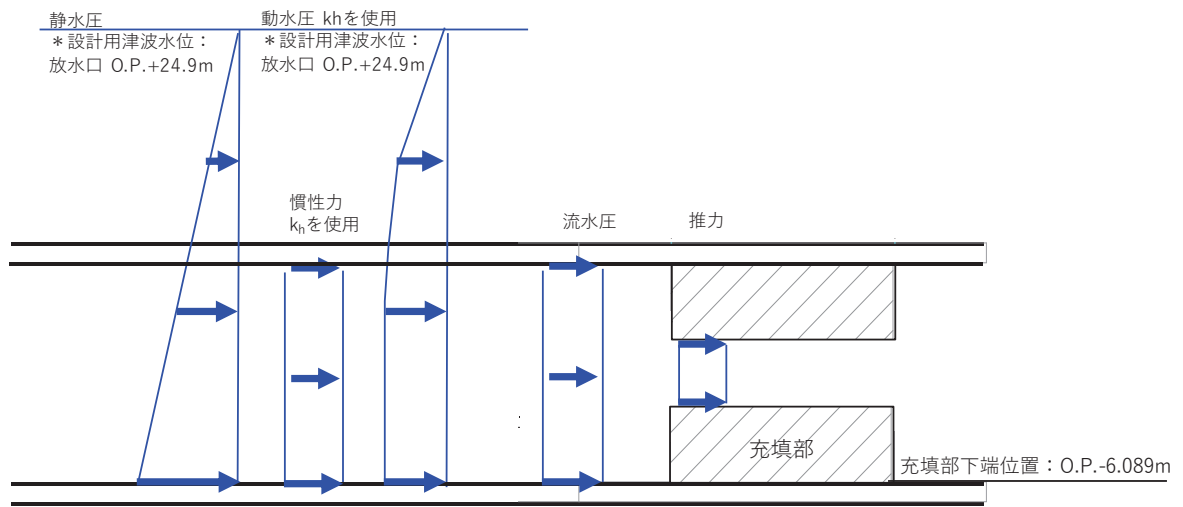


図 3.2-1 取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）の荷重作用図

3.3 評価方法

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の強度評価は、添付書類「VI-3-別添3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき実施する。

なお、強度評価は「2.3 評価方針」に示すとおり、「重畳時」について実施する。

3.3.1 解析方法

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の強度評価は、「土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」 技術書〔コンクリートダム編〕（農林水産省農村振興局，平成15年4月）」に基づき、評価を行う。

「3.2.2 荷重の組合せ」に基づく荷重を用いて、打設面のせん断強さからの必要閉塞長さ（L1）、滑動に対する必要閉塞長さ（L2）、周辺が固定の円板としての必要閉塞長さ（L3）をそれぞれ算定し、これらのすべて満足する必要幅を算定して評価する。

なお、余震荷重算定に用いる設計水平震度は、荷重の作用方向（水路縦断方向）に対して、速度層構造が概ね水平成層であることから、一次元地震応答解析により算定する。

一次元地震応答解析は、周辺地盤が線形材料（岩盤）であることを踏まえ、解析コード「ArkQuake Ver. 3.10.01」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.3.2 設計水平震度の算定

(1) 地盤物性及び材料物性のばらつき

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

また、地盤物性のばらつきの影響を考慮するため、表3.3-1に示す解析ケースを設定する。

表 3.3-1 強度評価における解析ケース

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性
		C_L 級岩盤, C_M 級岩盤, C_H 級岩盤, B 級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値 + 1σ
ケース③	設計基準強度	平均値 - 1σ

(2) 一次元地震応答解析

添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「4.1(2) 動的地震力」及び添付書類「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。

設計水平震度の設定に用いる地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 $S_d - D2$ を一次元重複反射理論により流路縮小工の中心位置で評価したものをを用いる。なお、設計水平震度の設定に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「6.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3.3-1 に一次元地震応答解析の概念図を、設計水平震度の設定に用いる弾性設計用地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3.3-2 に示す。

① 引戻し解析

引戻し地盤モデル（解放基盤モデル）を用いて、水平方向地震動を引戻し地盤モデル底面位置まで引戻す。

② 水平方向地震動の引上げ解析

引上げ地盤モデル（水平方向地震動用）を用いて、構造物—地盤連成系解析モデル底面位置まで水平方向地震動を引上げる。

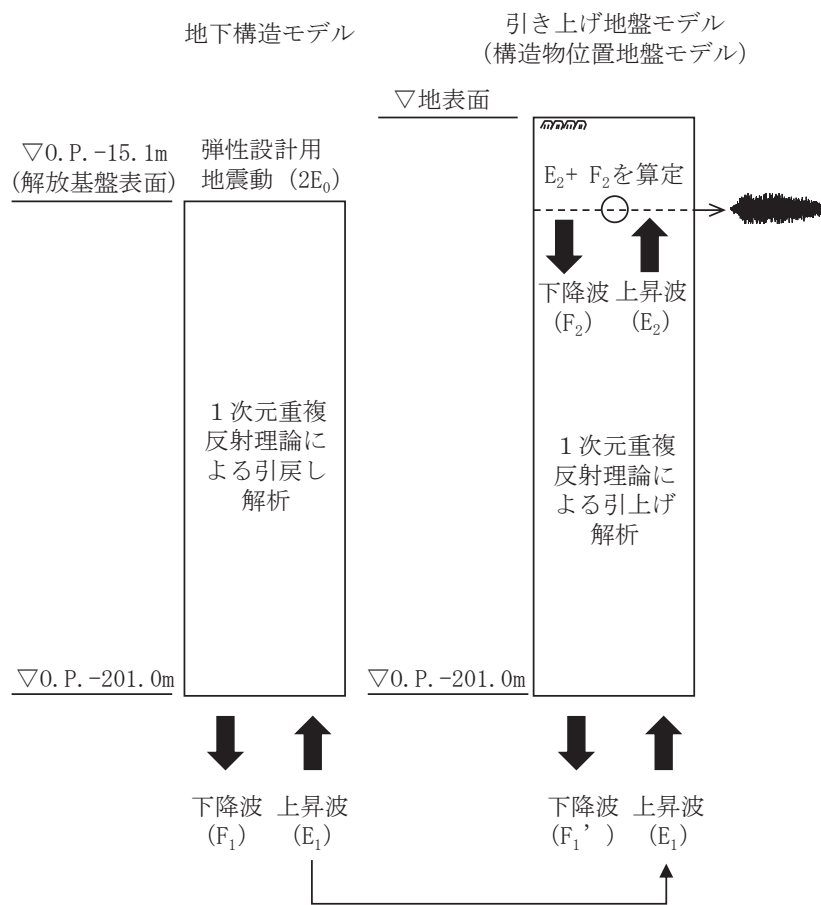
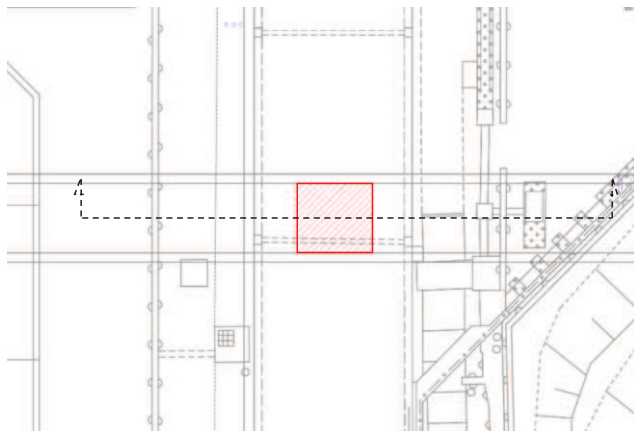
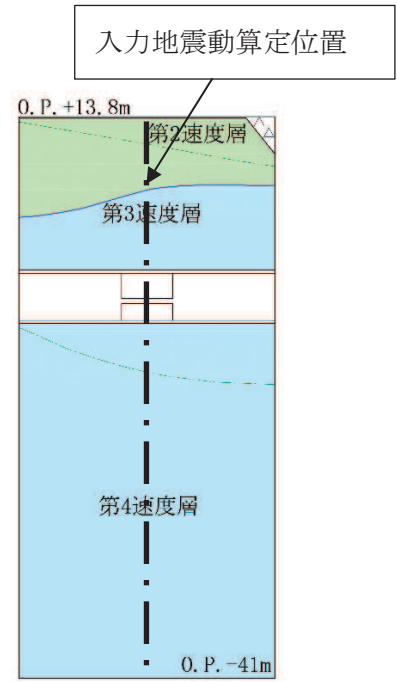


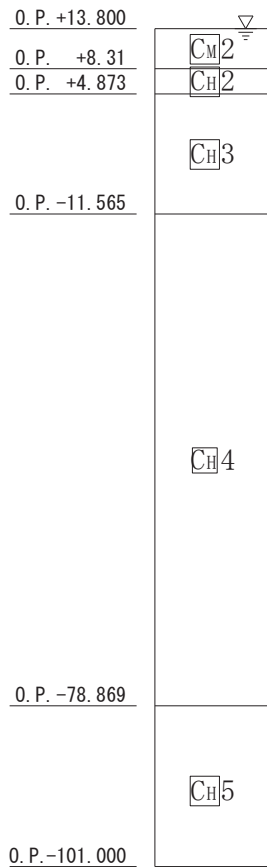
図 3. 3-1(1) 一次元地震応答解析の概念図



解析地盤モデル位置図

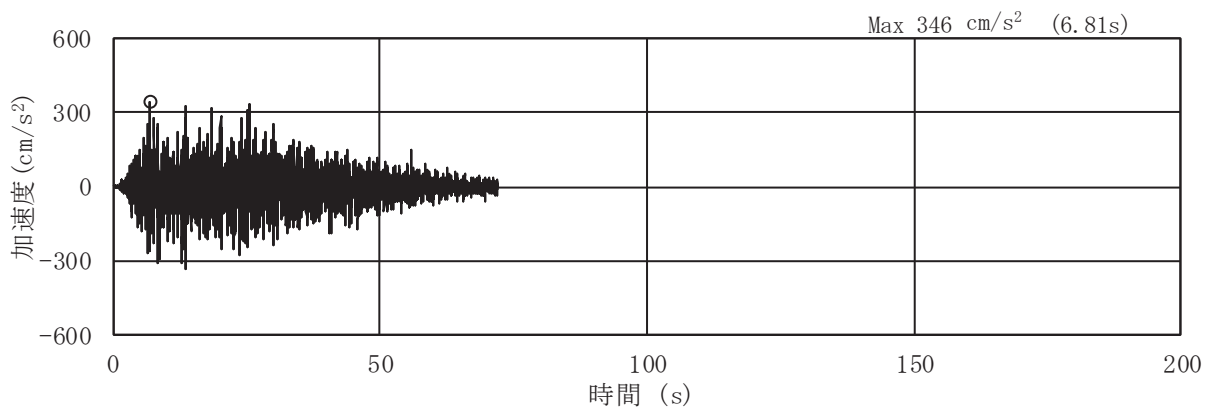


解析地盤モデル（地質図）

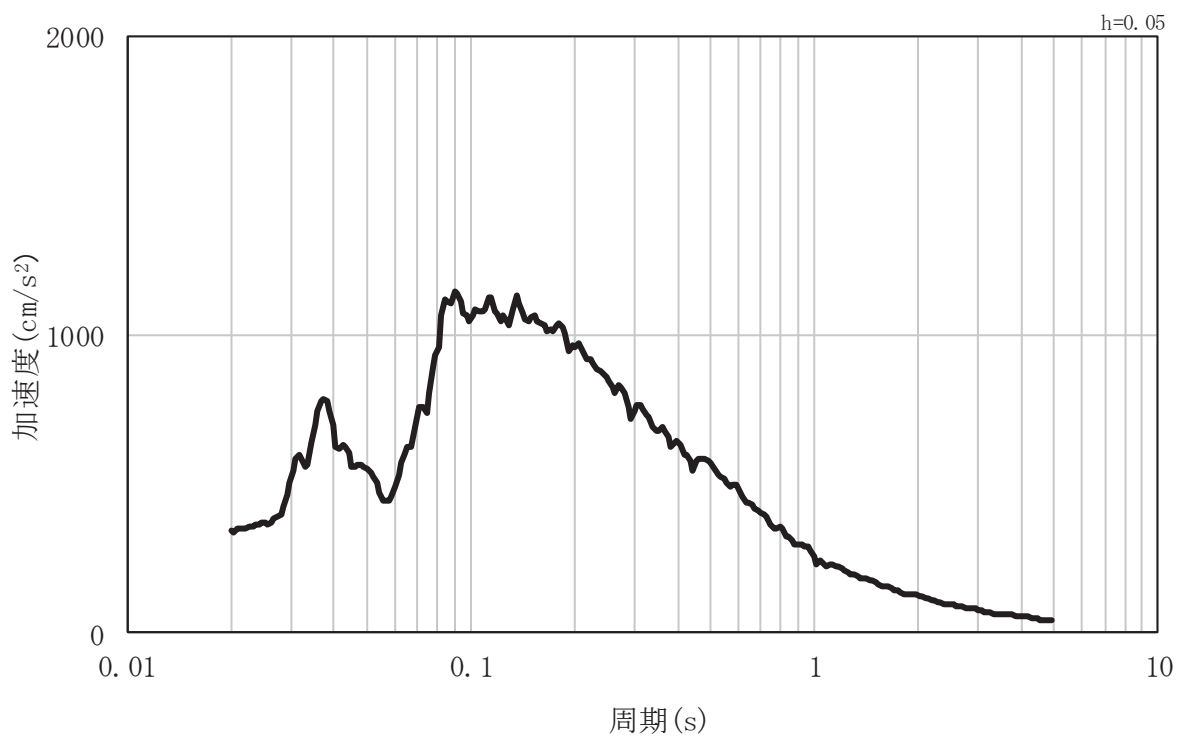


注記 CH5 は CH級岩盤の第5速度層を示す。

図 3.3-1(2) 入力地震動算定の概念図（引上げ地盤モデル）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3.3-2 設計水平震度の設定に用いる地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル

(3) 設計水平震度の算定

一次元地震応答解析結果から流路縮小工の中心位置での最大加速度を表 3.3-2 に示す。
ケース①が最も加速度が大きい結果となった。

ここで、一次元地震応答解析の結果に基づき震度を設定することについて、「補足 140-1 6.2.3 取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）の強度計算書に関する補足説明」にて示した、縦断方向を想定した一次元地震応答解析と周辺の速度層構造の分布をモデル化した水路横断方向の二次元動的有限要素モデルの加速度応答の比較において、有意な差が無い結果となっていることから、周辺地質や設置深度等に有意な差が無いことを踏まえ、放水路側においても同様の傾向であると考えられる。

よって、ケース①の加速度を重力加速度で除して設計水平震度とする。

$$\text{設計水平震度 } (k_h) = 346(\text{cm/s}^2) / 980.665(\text{cm/s}^2) = 0.353$$

表 3.3-2 一次元地震応答解析結果

	①	②	③
解析ケース	基本ケース	地盤剛性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤剛性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース
最大加速度 (cm/s ²)	<u>346</u>	339	339

3.3.3 評価方法

強度評価は、「土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」 技術書〔コンクリートダム編〕（農林水産省農村振興局，平成15年4月）」に基づき，以下の3項目について算定した幅が「2.3 評価方針」で設定した流路縮小工幅以下であることを確認する。なお，せん断に対する安定性から算出する幅及び滑動に対する安定性から算出する幅の算定にあたっては，覆工部と充填部間でのせん断を想定した場合L1（L2）と，覆工部と周辺岩盤間のせん断を想定した場合L1'（L2'）の2ケースで算定する。

(1) せん断に対する安定性から算出する幅

a. 覆工部と充填部間でのせん断を想定した場合（L1）（図3.3-3）

$$L1 = \alpha \frac{P \cdot A}{\tau_c \cdot L_0}$$

ここに，L1：せん断に対する安定性から算出する幅(m)

α：安全率 = 4

P：作用荷重(kN/m²)

A：水路断面積(m²)

τ_c：コンクリートのせん断強さ(kN/m²)

L₀：付着面の周長(m)

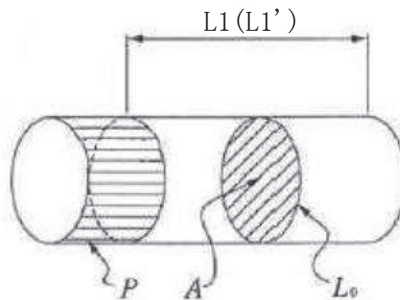


図3.3-3 覆工部または充填部のせん断強さ

b. 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定した場合（L1'）（図3.3-3）

$$L1' = \alpha \frac{P \cdot A}{\tau_r \cdot L_0}$$

ここに，L1'：せん断に対する安定性から算出する幅(m)

α：安全率 = 4

P：作用荷重(kN/m²)

A：水路断面積(m²)

τ_r : 岩盤のせん断強さ (kN/m²)

L_0 : 付着面の周長 (m)

(2) 滑動に対する安定性から算出する幅

a. 覆工部と充填部間での滑動を想定した場合 (L_2) (図 3.3-4)

$$L_2 = n \frac{P \cdot A}{C_c A + f_c N}$$

ここに、 L_2 : 滑動に対する安定性から算出する幅 (m)

n : せん断摩擦安全率 = 4

P : 作用荷重 (kN/m²)

A : 水路断面積 (m²)

C_c : コンクリートの付着力 (kN/m²) (せん断強度)

A' : 付着面の単位長さ当たりの面積 (m²/m)

f_c : コンクリートのせん断抵抗係数 (= $\tan \phi$)

N : コンクリート自重による単位長さ当たりの垂直荷重 (kN/m)

$$N = \pi W / (2D)$$

W : 単位長さ当たりの充填部の重量 (kN/m)

D : 充填部の直径 (m)

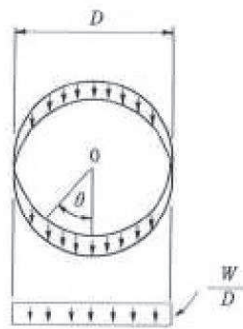


図 3.3-4 覆工部または充填部の周辺の全抵抗力

b. 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定した場合 (L_2') (図 3.3-4)

$$L_2' = n \frac{P \cdot A}{C_r A + f_r N'}$$

ここに、 L_2' : 滑動に対する安定性から算出する幅 (m)

n : せん断摩擦安全率 = 4

- P : 作用荷重(kN/m²)
A : 水路断面積(m²)
C_r : 岩盤の付着力(kN/m²) (せん断強度)
A' : 付着面の単位長さ当たりの面積(m²/m)
f_r : 岩盤のせん断抵抗係数(=tan φ)
N' : コンクリート自重による単位長さ当たりの垂直荷重(kN/m)
$$N' = \pi W' / (2D')$$

W' : 単位長さ当たりの充填部の重量(kN/m)
D' : 覆工部の直径(m)

(3) 曲げに対する安定性から算出する幅 (L₃) (図 3.3-5)

$$L_3 = \alpha \left(\frac{a}{2} \right) \sqrt{\frac{3P}{\sigma'}}$$

ここに, L₃ : 曲げに対する安定性から算出する幅 (m)

α : 安全率 = 1.5

a : 縮小工半径 (m)

P : 作用荷重 (kN/m²)

σ' : コンクリートの許容曲げ引張応力度 (kN/m²)

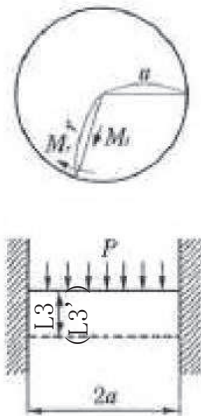


図 3.3-5 充填部を周辺固定円盤と仮定した場合の必要閉塞長

a 打設面のせん断強さからの必要閉塞長 L (図-11.5-2)

$$L = a \frac{P \cdot A}{\tau \cdot L_0} \dots\dots\dots (11.5-1)$$

ここに P : 水圧 (kPa)

A : 水圧を受ける断面積 (m²)

τ : コンクリートと岩盤との接触面のせん断強さ (kN/m²)

L_0 : 付着の周長 (m)

a : 安全率 (4以上)

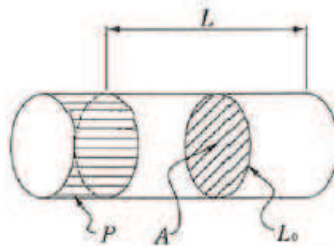


図-11.5-2 プラグ部のせん断強さ

b 滑動に対する必要閉塞長 L

プラグコンクリートに作用する水圧 (H) に対して、プラグコンクリートと周辺コンクリート壁の間の付着力とプラグコンクリートの自重による摩擦力が抵抗して安定する。

$$L = n \cdot \frac{H}{CA' + fN} \dots\dots\dots (11.5-2)$$

ここに、 L : 必要閉塞長 (m)

n : せん断摩擦安全率4以上

H : 作用水圧 $H = P \cdot A$

P : 水圧 (kPa)

A : 水圧を受ける面積 $A = \frac{\pi D^2}{4}$ (m²)

D : プラグコンクリート直径 (m)

C : 付着力 (kN/m²)

A' : プラグコンクリートが周辺コンクリート壁と接する全面積 (m²)

$$A' = L_0 \cdot L$$

L_0 : プラグコンクリートが周辺コンクリート壁と接する周長 (m)

f : 岩盤のせん断抵抗係数 = $\tan \phi'$

N : プラグコンクリートが周辺コンクリート壁に接する面に作用する鉛直な力 (kN)

ここで N はプラグの自重によって生じプラグ下半断面に作用する。

図-11.5-3に示すようにプラグコンクリート最下端より中心角 θ の壁面に作用する鉛直応力成分 (σ) は、

$$\sigma = \frac{W}{D} \cos^2 \theta$$

$$N = 2L \int_0^{\pi/2} \sigma d\theta = \frac{\pi LW}{2D}$$

$$\therefore fN = f \frac{\pi LW}{2D}$$

ただし、 W ：単位長さ当たりプラグコンクリート重量 (N/m)
よって、全抵抗力は、

$$CA' + f \cdot N = L \left(C \cdot \pi \cdot D + f \cdot \frac{\pi W}{2D} \right)$$

$$\therefore L = n \frac{H}{C \cdot \pi \cdot D + f \cdot \frac{\pi W}{2D}}$$

$$= n \cdot \frac{H}{\pi} \cdot \frac{2D}{2CD^2 + fW} \dots\dots\dots (11.5-3)$$

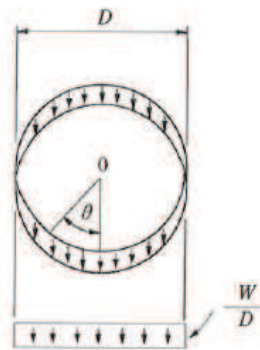


図-11.5-3 プラグコンクリート周辺の全抵抗力

c 周辺が固定の円板としての必要閉塞長 L (図-11.5-4)

ここに、 a ：閉塞部半径

M_r ：円周方向モーメント

M_t ：半径方向モーメント

等分布荷重載荷の周辺固定の円形板とすれば、

$$M_r = \frac{Pa^2}{16} \left\{ (3+\nu) \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] - 2 \right\}$$

$$M_t = \frac{Pa^2}{16} \left\{ (1+3\nu) \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] - 2\nu \right\}$$

ここに、 ν ：コンクリートのポアソン比 $\frac{1}{m} = 0.2$

したがって周辺においては、

$$M_r = \frac{Pa^2}{8}, M_t = M_r \cdot \nu$$

ここで、円周方向のモーメントについて検討するとコンクリート板の断面係数は

$$W = \frac{bL^2}{6}$$

$$\text{したがって } \sigma = \frac{3}{4} \cdot \frac{Pa^2}{bL^2}$$

ここに、 b ：単位幅 (m)

L ：コンクリート板の厚 (m)

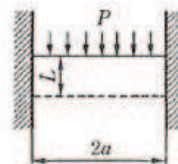


図-11.5-4 周辺固定円盤の必要閉塞長

コンクリートの許容曲げ引張強度を σ' とすれば、必要閉塞長 L は、

$$L = a \frac{a}{2\sqrt{\sigma'}} \sqrt{\frac{3P}{\sigma'}} \dots\dots\dots (11.5-4)$$

ここに、 a ：安全率

3.3.4 使用材料及び材料の物性値

強度評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 3.3-3 に、材料の物性値を表 3.3-4 に示す。

表 3.3-3 構造物の使用材料

部位	材料	諸元
覆工部	コンクリート	設計基準強度： $f'_{ck} = 20.5 \text{N/mm}^2$
充填部	コンクリート	設計基準強度： $f'_{ck} = 50.0 \text{N/mm}^2$

表 3.3-4 材料の物性値

分類	せん断強度 (τ_0, C)	内部摩擦角 (ϕ)	許容曲げ引張応力度 (σ')
岩盤 (C _H 級)	1.72N/mm ² *1	43° *1	—
覆工部	4.10N/mm ² *2	0° *3	0.28N/mm ² *4
充填部	10.0N/mm ² *2	0° *3	0.43N/mm ² *4

注記 *1：解析用物性値（狐崎部層の C_H級岩盤の値を採用）

*2：コンクリート標準示方書 [ダムコンクリート編]（土木学会，2013 年制定）に基づき設定

*3：保守的に考慮しないこととする

*4：コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（土木学会，2002 年制定）に基づき設定

4. 強度評価

4.1 荷重算出

浸水津波荷重として静水圧、流水圧及び推力を、余震荷重として慣性力及び動水圧を算出する。

4.1.1 浸水津波荷重の算出

静水圧 P 1 の算出

$$P 1 = \rho_0 g h = 1.03 \times 9.80665 \times (24.9 - (-6.089)) = 313.1 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ここに、 ρ_0 : 海水の密度 = 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度 = 9.80665 (m/s²)

h : 充填部下端における水深 = $h_1 - h_2$ (m)

h_1 : 設計用津波水位 (O.P.) = 24.9 (m)

h_2 : 充填部下端位置 (O.P.) = -6.089 (m)

流水圧 P 2 の算出

流水圧は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）」に基づき算定する。

$$P 2 = \frac{1}{2} \times C_d \times \rho_0 \times A_1 \times U^2 = \frac{1}{2} \times 2.01 \times 1.03 \times \boxed{} \times 10^2 = \boxed{}$$

ここに、 C_d : 抗力係数 = 2.01 (保守的に最大値とする)

ρ_0 : 海水の密度 = 1.03 (t/m³)

$$A_1 : \text{充填部の断面積 (m}^2\text{)} = \frac{\pi \times D_1^2}{4} = \boxed{} = \boxed{}$$

D_1 : 充填部直径 = $\boxed{}$

U : 流速 = 10 (m/s)

(流路縮小工前面及び背面の最大流速を考慮して設定)

推力 P 5 の算出

推力は、「水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）（水門鉄管技術協会，平成 29 年版）」に基づき算定する。なお，推力算定に用いる流水の摩擦抵抗係数 (f) は、「水理公式集（土木学会，2018 年版）」に基づき算定する。

$$P 5 = \frac{2 f Q^2}{g \pi D_3} \times L = \frac{2 \times 8 g n^2 / \left(\frac{D_3}{4} \right)^{\frac{1}{3}} \times (v \times A_3)^2}{g \pi D_3} \times L$$

$$= \frac{2 \times 8 \times 9.80665 \times 0.015^2}{9.80665 \times \pi} \times (20 \times \boxed{})^2 \times 5.0 = \boxed{}$$

ここに、 f : 流水の摩擦抵抗係数 (tf/m³)

$$f = 8 g n^2 / \left(\frac{D_3}{4} \right)^{\frac{1}{3}}$$

g : 重力加速度 = 9.80665 (m/s²)

n : 充填部の粗度係数 = 0.015 (m^{-1/3}s)

D_3 : 貫通部直径 = $\boxed{}$

Q : 流量 = $v \times A_3$ (m³/s)

v : 流速 = 20 (m/s)

(流路縮小工貫通部の最大流速を考慮して設定)

$$A_3 : \text{充填部貫通部の断面積 (m}^2\text{)} = \frac{\pi \times D_3^2}{4} \times \boxed{}$$

4.1.2 余震荷重の算出

慣性力 P 3 の算出

$$P_3 = k_h W = k_h \times \gamma \times A_1 \times L = 0.353 \times 23.0 \times \boxed{} \times 5.0 \times \boxed{}$$

ここに、 k_h : 設計水平震度

γ : 充填部の単位体積重量 = 23.0 (kN/m³)

$$A_1 : \text{充填部の断面積 (m}^2\text{)} = \frac{\pi \times D_1^2}{4} = \boxed{}$$

L : 充填部幅 = 5.0 (m)

D_1 : 充填部直径 = $\boxed{}$

動水圧 P 4 の算出

$$P_4 = \frac{7}{8} \times k_h \times \rho_0 \times g \times \sqrt{h^2} = \frac{7}{8} \times 0.353 \times 1.03 \times 9.80665 \times \sqrt{\{24.9 - (-6.089)\}^2}$$

$$= 96.7 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ここに、 k_h : 設計水平震度

ρ_0 : 海水の密度 = 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度 = 9.80665 (m/s²)

h : 充填部下端における水深 = $h_1 - h_2$ (m)

h_1 : 設計用津波水位 (O.P.) = 24.9 (m)

h_2 : 充填部下端位置 (O.P.) = -6.089 (m)

4.2 強度評価

4.2.1 せん断に対する安定性から算出する幅

(1) 充填部と覆工部でのせん断を想定した場合 (L1)

$$L1 = \alpha \frac{P \cdot A}{\tau_c \cdot L_0} = \alpha \frac{(P1 \times A_1 + P2 + P3 + P4 \times A_1 + P5)}{\tau_c \cdot L_0}$$

$$= 4 \times \frac{(313.1 \times \boxed{} + 96.7 \times \boxed{})}{4100 \times \boxed{}} = \boxed{}$$

ここに、 α : 安全率=4

$$A_1 : \text{充填部の断面積(m}^2\text{)} = \frac{\pi \times D_1^2}{4} \boxed{}$$

$$D_1 : \text{充填部直径} \boxed{}$$

$$\tau_c : \text{覆工部せん断強度} = 4100 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$L_0 : \text{充填部周長} = \pi \times D_1 = \pi \boxed{}$$

(2) 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定した場合 (L1')

$$L1' = \alpha \frac{P \cdot A}{\tau_r \cdot L_0'} = \alpha \frac{(P1 \times A_1 + P2 + P3 + P4 \times A_1 + P5)}{\tau_r \cdot L_0'}$$

$$= 4 \times \frac{(313.1 \times \boxed{} + 96.7 \times \boxed{})}{1720 \times \boxed{}} = \boxed{}$$

ここに、 α : 安全率=4

$$A_1 : \text{充填部の断面積(m}^2\text{)} = \frac{\pi \times D_1^2}{4} = \boxed{}$$

$$D_1 : \text{充填部直径} = \boxed{}$$

$$\tau_r : \text{岩盤のせん断強度} = 1720 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$L_0' : \text{流路縮小工全体の周長} = \pi \times D_2 = \pi \times \boxed{}$$

$$D_2 : \text{流路縮小工全体の直径} = \boxed{}$$

4.2.2 滑動に対する安定性から算出する幅

(1) 充填部と覆工部間での滑動を想定した場合 (L2)

$$L2 = n \frac{P \cdot A}{C_c A + f_c N} = n \frac{(P1 \times A_1 + P2 + P3 + P4 \times A_1 + P5)}{C_c \times \pi \times D_1 + \tan \phi \times (\pi \times \frac{\gamma \times A_1}{D_1})}$$

$$=4 \times \frac{(313.1 \times \boxed{} + 96.7 \times \boxed{})}{4100 \times \pi \times \boxed{} + 0 \times (\pi \times \boxed{})} = \boxed{}$$

ここに、n : 安全率=4

C_c : 充填部の付着力=4100(kN/m²)

D_1 : 充填部直径= $\boxed{}$

ϕ : 充填部内部摩擦角=0(°)

γ : 充填部の単位体積重量=23.0(kN/m³)

$$A_1 : \text{充填部の断面積(m}^2\text{)} = \frac{\pi \times D_1^2}{4} \boxed{}$$

(2) 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定した場合 (L 2')

$$L 2' = n \frac{P \cdot A}{C_r A + f_r N} = n \frac{(P 1 \times A_1 + P 2 + P 3 + P 4 \times A_1 + P 5)}{C_r \times \pi \times D_2 + \tan \phi' \times (\pi \times \frac{\gamma \times A_2}{D_2})}$$

$$=4 \times \frac{(313.1 \times \boxed{} + 96.7 \times \boxed{})}{1720 \times \pi \times \boxed{} + 0.93 \times (\pi \times \boxed{})} = \boxed{}$$

ここに、n : 安全率=4

C_r : 岩盤の付着力=1720(kN/m²)

D_2 : 流路縮小工全体直径= $\boxed{}$

ϕ' : 岩盤の内部摩擦角=43(°)

γ : 充填部の単位体積重量=23.0(kN/m³)

$$A_2 : \text{流路縮小工全体の断面積(m}^2\text{)} = \frac{\pi \times D_2^2}{4} = \boxed{}$$

4.2.3 曲げに対する安定性から算出する幅 (L 3)

$$L 3 = \alpha \left(\frac{a}{2} \right) \sqrt{\frac{3P}{\sigma}} = \alpha \left(\frac{a}{2} \right) \sqrt{\frac{3 \times \left(P 1 + \frac{P 2}{A_1} + \frac{P 3}{A_1} + P 4 + \frac{P 5}{A_3} \right)}{\sigma}}$$

$$=1.5 \times \left(\frac{\boxed{}}{2} \right) \times \sqrt{\frac{3 \times (313.1 + \frac{\boxed{}}{430} + 96.7 + \frac{\boxed{}}{})}{}} = \boxed{}$$

ここに、 α : 安全率=1.5 (保守的に 1.5 とする)

$$a : \frac{D_1}{2} = \frac{\boxed{}}{2} = \boxed{}$$

D_1 : 充填部直径= $\boxed{}$

σ' : コンクリートの許容曲げ引張応力度 430(kN/m²)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

$$A_3 : \text{充填部貫通部の断面積}(\text{m}^2) = \frac{\pi \times D_3^2}{4} = \boxed{}$$

$$D_3 : \text{貫通部直径} = \boxed{}$$

4.3 解析ケースごとの強度評価結果

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の強度評価結果を表4.2-1に示す。

表4.2-1(1) 解析ケース① 照査結果

項目	必要幅 (m) (a)	流路縮小工幅 (m) (b)	照査値 (a / b)
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間でのせん断を想定した 場合 (L 1)	0.63	5.00	0.13
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定 した場合 (L 1')	1.32	5.00	0.27
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間での滑動を想定した 場合 (L 2)	0.63	5.00	0.13
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定し た場合 (L 2')	1.30	5.00	0.26
曲げに対する安定性から算出する幅 (L 3)	3.61	5.00	0.73

表4.2-1(2) 解析ケース② 照査結果

項目	必要幅 (m) (a)	流路縮小工幅 (m) (b)	照査値 (a / b)
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間でのせん断を想定し た場合 (L 1)	0.62	5.00	0.13
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定 した場合 (L 1')	1.31	5.00	0.27
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間での滑動を想定した 場合 (L 2)	0.62	5.00	0.13
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定し た場合 (L 2')	1.30	5.00	0.26
曲げに対する安定性から算出する幅 (L 3)	3.60	5.00	0.72

表 4.2-1(3) 解析ケース③ 照査結果

項 目	必要幅 (m) (a)	流路縮小工幅 (m) (b)	照査値 (a / b)
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間でのせん断を想定した 場合 (L 1)	0.62	5.00	0.13
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定 した場合 (L 1')	1.31	5.00	0.27
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間での滑動を想定した 場合 (L 2)	0.62	5.00	0.13
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定し た場合 (L 2')	1.30	5.00	0.26
曲げに対する安定性から算出する幅 (L 3)	3.60	5.00	0.72

5. 強度評価結果

算出した必要幅が、流路縮小工幅以下であることを確認した。

照査結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 照査結果

項 目	必要幅 (m) (a)	流路縮小工幅 (m) (b)	照査値 (a / b)
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間でのせん断を想定した 場合 (L 1)	0.63	5.00	0.13
せん断に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間でのせん断を想定 した場合 (L 1')	1.32	5.00	0.27
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と充填部間での滑動を想定した 場合 (L 2)	0.63	5.00	0.13
滑動に対する安定性から算出する幅 覆工部と周辺岩盤間での滑動を想定し た場合 (L 2')	1.30	5.00	0.26
曲げに対する安定性から算出する幅 (L 3)	3.61	5.00	0.73

6.2.5 取放水路流路縮小工に係る各審査段階の説明内容について

取放水路流路縮小工（第1号機取水路，第1号機放水路）は，第1号機海水ポンプ室及び第1号機放水立坑から津波が浸水し第2号機が損傷することを防止するために必要な設備であり，第1号機取放水路内に設けた貫通部を有するコンクリート構造により，第1号機取水・放水機能への影響に配慮しつつ津波の湧き上がり自体を抑制する設計としている（表6.2.5-1，表6.2.5-2参照）。

同施設については第1号機廃止措置計画認可とも関連することから，第2号機設置変更許可，第1号機廃止措置計画認可，第2号機工事計画認可，及び第2号機保安規定の各審査段階における説明内容を整理して示す。

第2号機設置変更許可段階においては，支配的になると考えられる津波時における損傷モードを踏まえた構造成立性等の評価，並びに第1号機取水・放水機能への影響評価を行い問題ないこと，また，保守管理方法，並びに閉塞した場合の検知性を有することを説明している。

その後実施した第1号機の廃止措置計画認可段階においては，第2号機設置変更許可段階の内容を踏まえ，第1号機取水・放水機能への影響がないこと，並びに保守管理方法を，第12回実用発電用原子炉施設の廃止措置計画に係る審査会合（2019年11月14日）にて説明している。

第2号機工事計画認可段階では，第2号機設置変更許可段階で示した方針を踏まえ，要目表・構造図（貫通部の設計値，図面ほか），地形改変による入力津波高さへの影響確認，貫通部の設計値・設計津波水位を用いた評価結果に加え，耐震評価結果，すりへりを考慮したコンクリート強度の設定等について説明する。

表 6.2.5-1 取放水路流路縮小工に係る各審査段階の説明 (1/2)

項目	第2号機 設置変更許可		第2号機工事計画認可		(参考) 第1号機 廃止措置計画認可
	方針・説明内容等	工認図書			
基本設計方針	<ul style="list-style-type: none"> 海と連接する取水路、放水路からの敷地面への流入を防止するため、～(中略)～ OP+13.8m の敷地の地下部の1号炉取水路及び1号炉放水路には取放水路流路縮小工を設置する。取放水路流路縮小工は、1号炉取水路及び1号炉放水路内にコンクリートを設置して流路を縮小するものである。(添付書類ハ) 	<ul style="list-style-type: none"> 8.5.3 浸水防護施設の基本設計方針 VI-1-1-2-2-1 耐津波設計の基本方針 VI-1-1-2-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価 VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針 			
第2号機の 浸水防止機能の確認	<ul style="list-style-type: none"> 設定した貫通部径・延長に基づき、入力津波高さは第1号機海水ポンプ室及び第1号機放水立坑の天端高さ以下になるとを説明。 貫通部のすりへりを考慮し径が広がった場合の影響評価等を実施し、機能に影響を及ぼさない径の上限値を説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 第2号機設置変更許可段階以降の復旧・改修工事に伴う地形変化による入力津波高さへの影響を評価し、地形変更前のほうが入力津波高さが高くなることから、第1号機海水ポンプ室及び第1号機放水立坑位置での入力津波高さを変更しないことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 8.5.1 要目表 VI-3-別添3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針 VI-6-第9-4-1-1-22図及び23図 構造図 VI-6-第9-4-1-1-22図及び23図 構造図 別紙 公称値の許容範囲 VI-1-4-8-3-1-1-2 設定根拠に関する説明書 		
第1号機 取水・放水機能への 影響確認	<ul style="list-style-type: none"> 設定した貫通部径・延長に基づき、第1号機補機冷却ポンプ(常用系・非常用系)の取水機能に影響がないこと、また、同ポンプ運転時においても放水でき敷地への浸水が無いことを説明。 貫通部において目等の付着を考慮し径が縮小した場合の影響評価等を実施し、機能に影響を及ぼさない径の下限値を説明。 また、漂流物の大きさから取水路の流路縮小工が閉塞する可能性はないことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 貫通部径について、設計値である公称値(取水路:1.0m、放水路:0.5m)を示すとともに、外郭浸水防護設備として津波の流入を防止する設計確認値(上限値)及び、第1号機の性能維持施設である原子炉補機冷却海水ポンプ並びに非常用補機冷却海水ポンプ運転時の取・放水機能に影響を及ぼさない設計確認値(下限値)の設定根拠を説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 第2号機設置変更許可を踏まえ、第1号機取水・放水機能への影響がないことを廃止措置に係る審査会で説明。 		

表 6.2.5-2 取放水路流路縮小に係る各審査段階の説明 (2/2)

項目	第2号機 設置変更許可	第2号機工事計画認可		(参考) 第1号機 廃止措置計画認可
		方針・説明内容等	工認図書	
保守管理	<ul style="list-style-type: none"> 保安規定及び社内規定で定める保全計画に基づき、定期的な放水、また、ダイバー、水中カメラ等による点検・清掃等を実施し、変状等が確認された場合は、詳細な調査を行うことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 第2号機設置変更許可の内容に基づき、保安規定及び社内規定で定める保全計画に基づき保守管理していくことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料 6.2 参考資料2 	<ul style="list-style-type: none"> 第2号機設置変更許可を踏まえ、第2号機保安規定及び社内規定で定める保全計画に基づき、適切に管理していくことを審査会合で説明。
閉塞した場合の 検知性	<ul style="list-style-type: none"> 仮に閉塞した場合における検知性について評価し、中央制御室で異常を検知した後、保安規定に基づくQMS文書「警報処理運転手順書」に基づき対応が可能であることを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 第2号機設置変更許可の内容に基づき、保安規定に基づくQMS文書「警報処理運転手順書」に基づき対応することを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料 6.2 参考資料3 	—
取放水路流路縮小の 損傷モードを 踏まえた設計	<ul style="list-style-type: none"> 津波時における損傷モードを示し、流速を保守的に設定する等して縦断方向の構造成立性を説明。 また、貫通部付近において流速が高まることに対して、抑制側となる平均圧力等を保守的に設定しキャビテーションの影響がないことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 第2号機設置変更許可で示した方針、要目表に示す設計値を踏まえ、保守的な流速条件のもと津波時(設計津波水位=入力津波高さ24.4m+0.5m考慮)及び重量時における縦断方向の評価結果に加え、横断方向の耐震評価結果を説明。 なお、キャビテーションの影響に関しては、第2号機設置変更許可時から入力津波高さに変更が生じていないことを踏まえ、安全性が確保されている。 	<ul style="list-style-type: none"> VI-2-10-2-4 取放水路流路縮小工の耐震性についての計算書 VI-3-別添3-2-3 取放水路流路縮小工の強度計算書 補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料 6.2.1～6.2.4 	—
	<ul style="list-style-type: none"> 砂礫や貝による貫通部のすりへり現象に対し、コンクリート配合設計において配慮を行うことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 設定したコンクリート配合において、保守的な条件を想定した場合においても、すりへりにより放水路の貫通部径が上限値内に収まることから機能喪失が発生しないことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料 6.2 参考資料1 	—

(別紙-1)

第2号機設置変更許可段階で示した設計方針を以下に示す。第2号機工事計画認可段階においては、この方針を踏まえ、精査した設計条件に基づき実施した詳細設計の内容を説明する。

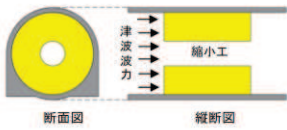
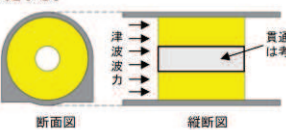
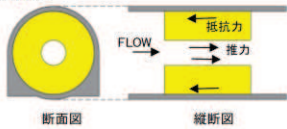
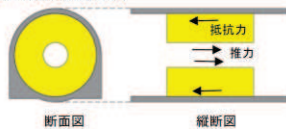
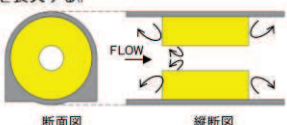
第2号機設置変更許可段階においては、流路縮小工の各位部位が損傷し要求機能を喪失しうる事象を、既往知見をもとに抽出し整理を行っている(表1, 表2参照)。

これを踏まえ、取放水口前面における最大津波水位、並びに津波時流速を保守的に設定した値を用いる等し、構造成立性を示している(図1参照)。

キャビテーションによる影響は経年的に劣化するものとされているが、津波時を対象に、大気圧を含む平均圧力算定において相対的に水深を小さくした場合を想定し評価を行い、キャビテーションにより健全性に影響を及ぼさないことを示している(図2参照)。

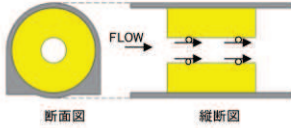
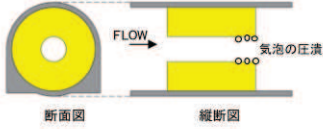
すりへりについても経年的に劣化していく現象であるが、津波時における土砂流入による影響を想定しコンクリート配合設計を行うことを示している。

表1 津波時の流速により要求機能を喪失しうる事象と設計・施工上の配慮事項
(流路縮小工全体)

部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工全体	<ul style="list-style-type: none"> 津波荷重により、縮小工がせん断破壊又は滑動することで、躯体全体の安定性を失い、要求機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 津波荷重に対する躯体の安定性を評価する。なお、より保守的な評価となるように、貫通部が存在しないものとして荷重を算定する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 貫通部における流水の摩擦により推力が生じ、躯体の安定性を失う。 	<ul style="list-style-type: none"> 津波時の流水の摩擦による推力を評価し、安定性が確保されているか確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 急縮部・急拡部で発生する渦や流水によるすりへり(エロージョン摩耗※1)によって、形状に変化が生じ、津波防護機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> エロージョン摩耗はすりへりの一つであり、経年的にコンクリートが劣化していく現象であることに対し、津波は短期的な事象であるが、安全側に以下の配慮を行う。 すりへり現象に対しては、水セメント比の低下や細骨材を少なくすることが有効とされている※2ことから、それらを参考に、コンクリート配合設計において配慮を行う。 	—

※1 エロージョン摩耗とは、液体粒子・固体粒子あるいは液体の流れが角度をなしてコンクリートに衝突することで生じる摩耗である。
 ※2 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説(平成20年3月)農林水産省農村振興局整備部設計課監修、本書では、「水セメント比を小さくした $\sigma_{ck}=50N/mm^2$ 程度の富配合コンクリートで耐摩耗性、耐衝撃性とも優れている。細骨材は少なくすることによって更に効果がある」とされている。

表2 津波時の流速により要求機能を喪失しうる事象と設計・施工上の配慮事項
(流路縮小工貫通部)

部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工貫通部	<ul style="list-style-type: none"> 砂礫や貝を含んだ津波の流入により、コンクリート表面にすりへり(アブレーション摩耗[※])が発生することによって、貫通部が広がり津波防護機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> アブレーション摩耗はすりへりの一つであり、経年的にコンクリートが劣化していく現象であることに対し、津波は短期的な事象であるが、安全側に以下の配慮を行う。 すりへり現象に対しては、水セメント比の低下や細骨材を少なくすることが有効とされていることから、それらを参考に、コンクリート配合設計において配慮を行う。 	—
	<ul style="list-style-type: none"> 急縮部に高速な津波が流れ込むことによる局部的な圧力降下によって、その下流は負圧となって空洞を生じ(キャビテーション)、圧力が高まる急拡大部付近に移動すると、水蒸気の気泡は急激に圧潰され、壁面に損傷を与えることにより、形状に変化が生じ、流路縮小性能を喪失する(ピッチング損傷)。 	<ul style="list-style-type: none"> キャビテーションの発生の可能性について評価を行い、発生する場合はキャビテーションに配慮した設計とする。 	発生の可能性を評価

※ アブレーション摩耗とは砂等がコンクリート表面を転がったり滑ったりすることで、コンクリートを損失させる摩耗である。すりへりの原因として砂礫等によるアブレーション摩耗が想定され三段階で進行する。
①コンクリート表面に近いモルタル層がすりへる。②モルタル層がすりへった後、粗骨材が露出し粗骨材自体がすりへる。③粗骨材が剥離する。

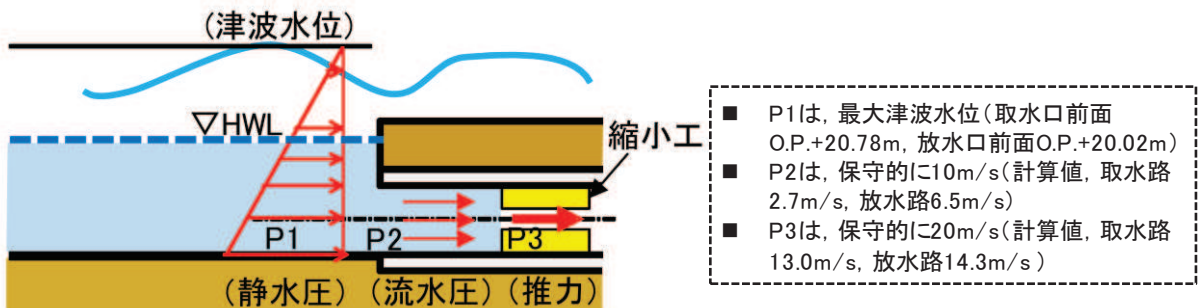
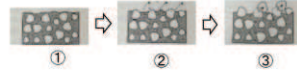


図1 津波時の荷重作用イメージ

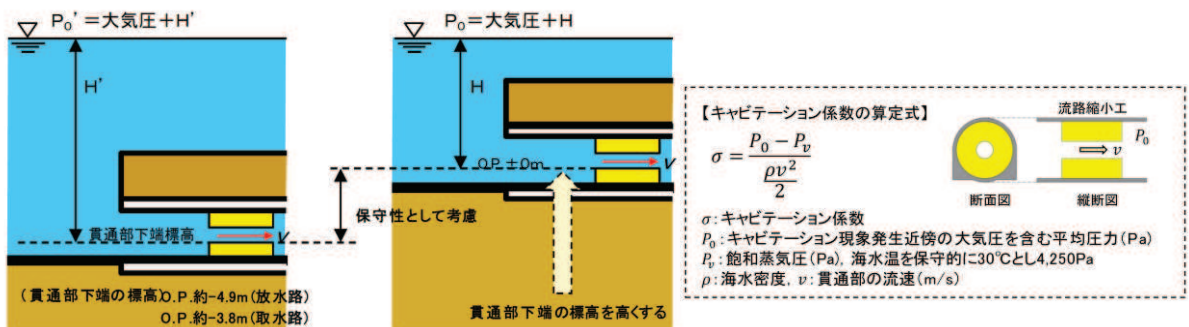


図2 平均圧力 P_0 算定時における保守性の考え方

(参考資料 1) 取放水路流路縮小工貫通部におけるすり減りに対する影響評価について

1. 概要

取放水路流路縮小工は、常時及び津波時において、港湾から供給される砂礫や貝を含んだ流水により、コンクリート表面にすりへりが発生することによって、貫通部が広がり津波防護機能を喪失することが考えられる。

本資料は、取放水路流路縮小工のコンクリートについて、すりへり量の影響評価を行うものである。

なお、貝による影響も想定されるが、すりへりは質量の大きさに比例¹⁾することを踏まえ、より質量の大きい砂礫の衝突を考慮した評価を行うことで包絡される。

2. 評価方針

コンクリートのすりへりは、流水や車輪等の摩耗作用や衝撃等の外力により、コンクリート表面が時間とともに徐々に欠損していく現象である。

すりへりの進行予測手法としては、コンクリートに作用する外力を累積衝突エネルギーで表し、すりへり速度係数等を考慮した、下記のすりへり量の予測式が提案¹⁾されている。

$$A d = K_1 \beta (E_R)^{K_2 \gamma}$$

ここに、 $A d$ ：最大すりへり深さまたは平均すりへり深さ等

E_R ：累積衝突エネルギー (J)

β ：すりへり速度係数 (mm/ \sqrt{J})

γ ：すりへり現象定数

K_1, K_2 ：施設区分に応じた補正係数

この予測式は、すりへりの外力作用を運動エネルギーとして標準化できることに着目し、外力の形状を球形に単純化、作用する質量と速度を変化させた鋼球落下方式による衝撃摩耗試験をすりへり現象の基準として、実構造物に作用する外力の形状、質量、速度、対象構造物（コンクリート、モルタル、水路、護岸等）の品質の相違を考慮したものであり取放水路流路縮小工のように流水に含まれる砂礫により、すりへり作用を受けるコンクリートにも適用可能な予測式である。

取放水路流路縮小工のコンクリートのすりへり評価は、上記予測式を用い、供用期間中のすりへり量が許容値以下となることを確認する。

また、累積衝突エネルギー E_R の算定には、すりへり量の実測値が必要であるが、取放水路流路縮小工は新設する構造物であり、すりへり量の実測データがないことから、上記予測式の検証に用いた矢立川^{*1}にある矢立川取水ダムにおける水たたき部（普通コンクリート）の1年間のすりへり量を採用する。ここで、コンクリートのすりへりは経年劣化の一種であり前述のとおり徐々

に劣化が進む現象であるが、女川地点は岩礁海岸であり、取水路に対し常時は砂の混入が非常に少ない。津波時における上限浮遊砂体積濃度は 1%と推定しているが、長期的に見た場合、平均的には砂の混入は少なく、すりへりが有意に進行する状況にはないものと考えられる。なお、1号機は運開以降 30 年以上が経過し 3.11 津波も経験しているが、有意なすりへり*2は確認されていない。

これに対し、矢立川取水ダムが位置する矢立川は急勾配の支流や両岸斜面 (Source) から生産された土砂の流送域 (Transfer) として位置付けられ、河床変動量に比べて土砂流出速度は非常に高く、治山ダムは 2 年程度で満砂するとされており、崩落しやすい河岸 (強風化を受けた花崗岩) から頻繁に土砂が供給され²⁾、水たたき部のコンクリート*3に 1 年間で平均 6.308mm のすりへりが確認されている¹⁾。

よって、矢立川の方が厳しいすりへり環境にあるものと考えられ安全側の検討となる。

注記*1: 矢立川は九州山地から太平洋に流下する一ツ瀬川の源流であり、宮崎県椎葉村に位置する²⁾

*2: 取水設備の設計基準強度は 20.5N/mm^2 である

*3: 矢立川取水ダムの水たたき部の 28 日圧縮強度 21.7N/mm^2 である

3. すりへり影響評価

3.1 影響評価フロー

すりへりに対する影響評価フローを図 3.1-1 に示す。

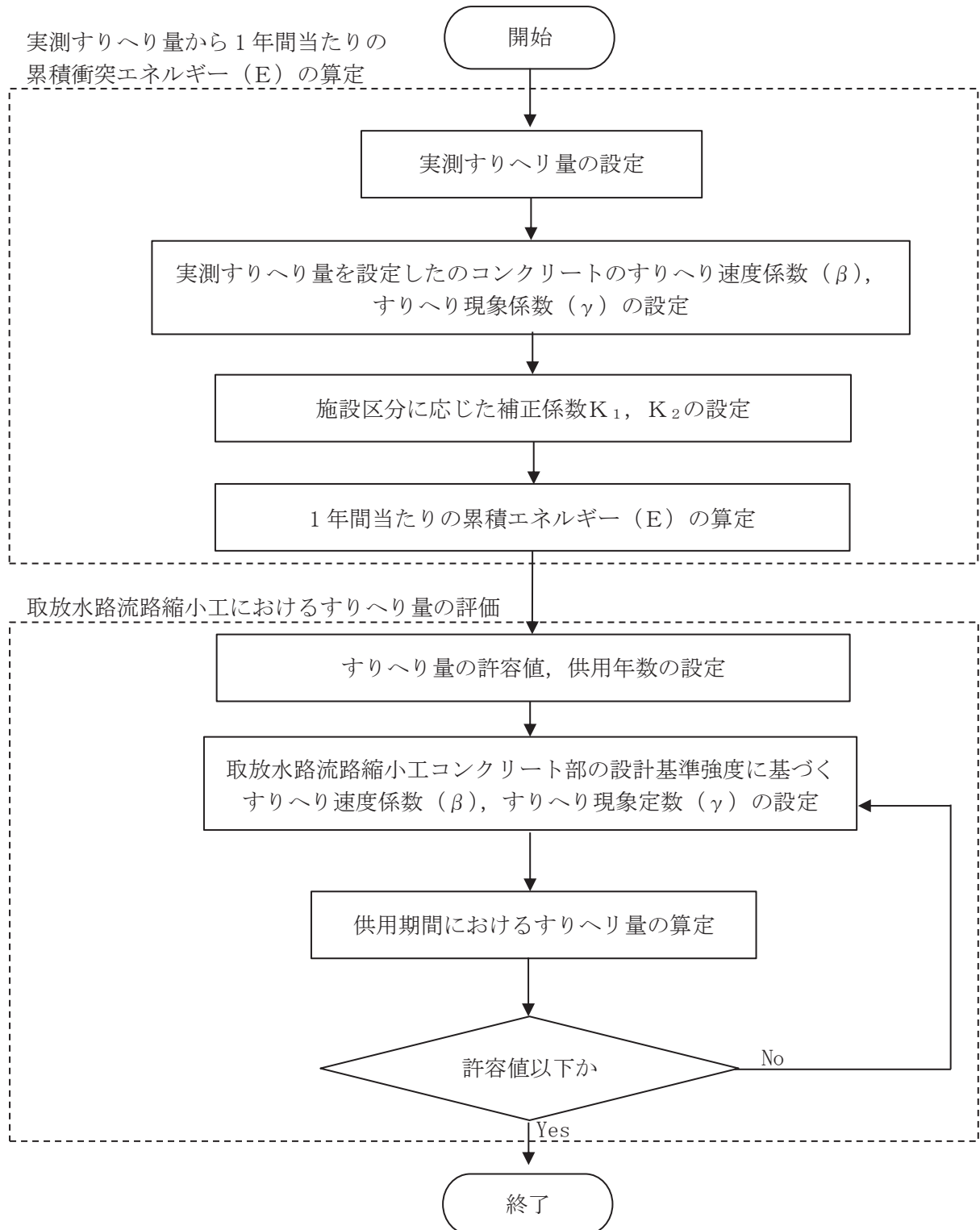


図 3.1-1 すりへり影響評価フロー

3.2 すりへり量の算定

上記、算定フローに基づきすりへり量を算定する。

(実測すりへり量から1年間当たりの累積エネルギー (E) の算定)

- ① 実測すりへり量として、上記予測式の検証に記載されている矢立川取水ダムの水たたき部の普通コンクリートの1年間のすりへり量の平均値 (A d) = 6.308mm*を採用する。
参考として、当該コンクリートの仕様を表 3.2-1 に示す。

注記* : 参考文献1)より引用

表 3.2-1 矢立川取水ダムの水たたき部の普通コンクリートの仕様*

粗骨材		細骨材	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント 比W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単体量(kg/m ³)		28日圧縮 強度 (N/mm ²)
種類	最大寸法 (mm)	種類					セメント量 C	水量 W	
球磨川産 川砂利	40	球磨川産 川砂	8	4	56.0	39.9	257	144	21.7

注記* : 参考文献1)より引用

- ② 実測すりへり量を設定した矢立川取水ダムの水たたき部の普通コンクリートの、すりへり速度係数 (β), すりへり現象係数 (γ) は、参考文献1)より、 $\beta = 0.39$, $\gamma = 0.49$ を用いる。
- ③ 施設区分に応じた補正係数 K_1 , K_2 は、表-3.2-2 より水利施設 (砂による平均すりへり深さ) の値 (K_1 , $K_2 = 1.40$) を用いる (取放水路流路縮小工のコンクリート強度検討でも同様)。

表 3.2-2 衝突エネルギー E, β と γ の補正係数 K_1 , K_2 の目安*

コンクリートのすりへり深さの区分		衝突エネルギー E (J/10 ⁴ 回)	β と γ の 補正係数 K_1, K_2
区分	コンクリートのすりへり現象の種類		
標準	球形の鋼球落下による最大すりへり深さ(すりへり試験装置)	—	1.00
水利施設	砂による平均すりへり深さ(掃流式摩耗試験機)	約0.11	約1.40
	シルベップによる平均すりへり深さ(ドラム式摩耗試験機)	約1.90	約1.80
積雪寒冷 地の道路 舗装	スパイクタイヤによる平均すりへり深さ(大型回転式試験機)	約6.21	約1.33
	タイヤチェーンによる平均すりへり深さ(大型回転式試験機)	約24.53	約1.85

注記* : 参考文献1)より引用

平均すりへり量算定式より、累積衝突エネルギー E_R を逆算して求め、1年間当たりの累積エネルギー E ($= E_R / N$, N : 実測すりへり量の年数) を求める。

平均すりへり量 (A d) 算定式

$$A d = K_1 \beta (E_R)^{K_2 \gamma} = K_1 \beta (N \cdot E)^{K_2 \gamma}$$

$$\Rightarrow E = (A d / K_1 \beta)^{(1/K_2 \gamma)} / N$$

$\beta = 0.39$, $\gamma = 0.49$, $K_1, K_2 = 1.40$, $N = 1$ より, $E = 35.41 \text{ J/年}$

(取放水路流路縮小工におけるすりへり量の評価)

④ すりへりに対する許容値，供用年数の設定

許容値は、「VI-1-1-4-8-3-1-1 設定根拠に関する説明書（取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No.1)，(No.2)）」及び「VI-1-1-4-8-3-1-2 設定根拠に関する説明書（取放水路流路縮小工（第1号機放水路））」より，貫通部径の公称値と上限値の差が小さい取放水路流路縮小工（第1号機放水路）から50mmとする。

供用年数は，第1号機の廃炉工程を考慮して30年とする。

⑤ 取水路流路縮小工コンクリートの圧縮強度 50N/mm²に基づき，当該コンクリートの区分における，すりへり速度係数（β），すりへり現象係数（γ）は，表3.2-3より，コンクリート（高品質D）の値（β=0.255，γ=0.501）とする。

表-3.2-3 衝突エネルギーと最大すりへり深さの関係式より得られた定数一覧

種類	区分		圧縮強度 f _c (N/mm ²)			水セメント比 W/C(%)	すりへり速度係数 β (mm/√J)		すりへり現象定数 γ			
			最小値	最大値	平均値		各個	全体	各個	全体		
岩石	最高品質 (100.0~150.0 N/mm ²)	A (140.0~150.0 N/mm ²)	140.5	140.5	140.5	—	0.017	0.02	0.03	0.760	0.76	0.71
		B (120.0~139.9 N/mm ²)	132.6	132.6	132.6	—	0.039	0.04		0.639	0.68	
		C (100.0~119.9 N/mm ²)	106.7	106.7	106.7	—	0.043	0.04		0.726	0.68	
コン ク リ ー ト	高品質 (50.0~99.9 N/mm ²)	A (80.0~99.9 N/mm ²)	82.9	85.5	83.8	30	0.108	0.16	0.31	0.537	0.53	0.51
		B (70.0~79.9 N/mm ²)	71.3	75.6	73.0	30	0.188			0.484		
		C (60.0~69.9 N/mm ²)	60.7	68.4	64.5	34	0.090			0.611		
		D (50.0~59.9 N/mm ²)	51.0	59.4	56.0	35	0.255			0.501		
	中品質 (24.0~49.9 N/mm ²)	A (40.0~49.9 N/mm ²)	40.0	47.5	43.9	44	0.432	0.33	0.429	0.49	0.51	
		B (30.0~39.9 N/mm ²)	30.7	39.9	35.0	46	0.264		0.523			
		C (24.0~29.9 N/mm ²)	24.0	29.6	26.8	61	0.281		0.522			
	低品質 (5.0~23.9 N/mm ²)	A (20.0~23.9 N/mm ²)	20.9	21.2	21.1	75	0.247	0.44	0.526	0.49	0.51	
		B (15.0~19.9 N/mm ²)	15.5	19.9	18.1	81	0.375		0.511			
		C (10.0~14.9 N/mm ²)	12.6	14.8	13.8	86	0.668		0.424			
		D (5.0~9.9 N/mm ²)	9.4	9.4	9.4	86	0.454		0.489			
	モル タル	中品質 (24.0~49.9 N/mm ²)	C (24.0~29.9 N/mm ²)	28.2	28.2	28.2	52	52	0.445	0.45	0.462	0.46

※ 参考文献1)より引用

⑥ 平均すりへり量算定式より，30年後（N=30）の平均すりへり量を算定する。

$$A d = K_1 \beta (E_R)^{K_2 \gamma} = K_1 \beta (N \cdot E)^{K_2 \gamma}$$

β=0.255，γ=0.501，K₁，K₂=1.40，E=35.41 J/年より，

$$A d = \text{約 } 47\text{mm} < \text{許容値 } 50\text{mm}$$

3.3 評価結果

取放水路流路縮小工は，砂床河川で崩落しやすい河岸（強風化を受けた花崗岩）から頻繁に土砂が供給される矢立川取水ダムの水たたき部のようなすりへり環境ではないものの，矢立川取水ダムの水たたき部の実すりへり量等を用いて，保守的なすりへり量を算定した。

その結果，取放水路流路縮小工の供用期間30年と仮定した場合における平均すりへり量は約47mmであり，許容すりへり量50mm以下であることを確認した。

【参考文献】

- 1) 豊福他：コンクリートのすりへりの進行予測に関する研究，土木学会論文集E2，Vol. 72，
No. 4， 380-399， 2016
- 2) Source-to-Sink Sedimentary Cascades in Pacific Rim Geo-Systems，国土交通省北陸地方
整備局松本砂防工事事務所， 2001. 8. 20

(参考資料 4) 取放水路流路縮小工の施工要領について

1. 概要

取放水路流路縮小工（第1号機取水路，第1号機放水路）は，地震時においては，主に水路横断方向（弱軸方向）の周辺岩盤の変形に対してコンクリートが十分な強度を有することで健全性を保持し，津波時（重畳時含む）においては，作用する津波荷重他に対して既設覆工コンクリートと充填コンクリートの一体化により安定性を確保する設計としている。

また，貫通部は，津波の湧き上がり防止，1号機の取水・放水機能の維持の観点から貫通部径の施工精度確保が重要である。

本資料は，取放水路流路縮小工（第1号機取水路，第1号機放水路）のこれらの施工方法等について示したものである。

なお，詳細な施工方法については，詳細検討の上，施工段階に確定させることとし，本資料においては現段階における基本的な方針を整理した位置付けである。

図1-1に構造概要を示す。

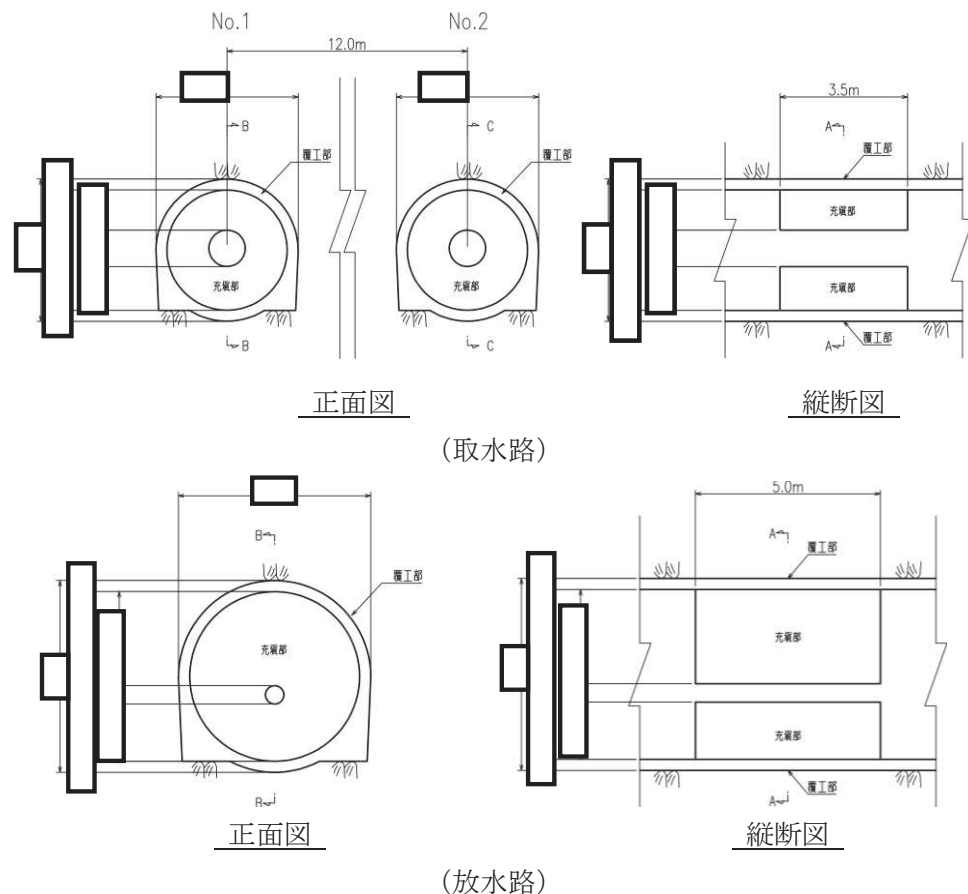


図1-1 取放水路流路縮小工 構造概要図

2. 基本方針

取放水路流路縮小工の施工にあたっては、前述のとおり、設計上の要求事項を確保するための施工及び品質管理を行う。

ここで、本項において、主たる設計要求事項に対する、施工上の配慮事項について示す。

① 既設覆工コンクリートと充填コンクリート部の一体性

- ・ 充填コンクリートの施工にあたっては、既設覆工コンクリートとの一体性を確保するため、既設覆工コンクリートに対して表面処理工を行い、充填コンクリートとの一体化を図る。表面処理工は実績のあるサンドブラストを基本とし、「構造物施工管理要領（東日本高速道路株式会社，中日本高速道路株式会社，西日本高速道路株式会社，令和2年7月）」を参考に施工仕様を設定する。
- ・ 充填コンクリートの天端付近において、充填性や一体性を確保するために、ブリージング等が少ない高流動コンクリートを用いるとともに、「コンクリート標準示方書【施工編】（土木学会，2017年）」に基づく打継処理の規準に則した施工を行う。その際に、トンネル工法などにおいて実績のある充填監視センサーを用いた充填管理についても行う。
- ・ 放水路の施工においては、水路が1系統のみであるため、排水系統の全停止が困難な場合は仮水路への切り回し等による施工箇所の水処理を行う等し、施工品質を確保する。

② 施工時における既設覆工への影響

- ・ 充填コンクリートの施工にあたっては、コンクリート打設時の熱応力による既設覆工へ悪影響が生じないよう温度応力解析による評価を行い、リフト割りや配合の調整及びひび割れ防止筋の配置等の対策により有意な影響が生じないよう施工する。（別紙1に温度応力解析の解析例を示す）
- ・ 放水路においては、1系統のみのため、施工用のアクセス立坑を構築する計画としているが、周辺岩盤の応力開放による既設覆工への影響を評価し、必要に応じて補修や補剛などの対策を行い施工する。（別紙2に掘削解析の解析例を示す）
- ・ なお、アクセス立坑は周辺岩盤と同程度の強度や変形特性を確保するために、MMRにより埋戻しを行う。

③ 貫通部の施工

- ・ 貫通部は、所定の貫通部径，円形形状を確保するために、プレキャスト型枠を用い，充填コンクリートと一体化するように打設する。
- ・ なお，プレキャスト型枠は，充填コンクリートと同等以上の強度を確保することで，耐久性や耐摩耗性を確保する。

3. 適用基準

施工及び施工管理に適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会，2002 年制定)
- ・コンクリート標準示方書 [設計編] (土木学会，2017 年制定)
- ・コンクリート標準示方書 [ダムコンクリート編] (土木学会，2013 年制定)
- ・コンクリート標準示方書 [施工編] (土木学会 2012 年制定)

4. 使用材料

4.1 充填コンクリート

充填部に使用するコンクリートは，コンクリート標準示方書の規格に適合するものとする。
また，その品質は，コンクリート標準示方書に要求される所要の性能を有するものとする。

4.2 プレキャスト型枠

貫通部の施工は，プレキャスト型枠を使用することで，開口径の寸法や品質を確保する。プレキャスト型枠は充填コンクリートと同等以上の強度とし，耐震性及び耐摩耗性を確保する。

5. 施工方法

5.1 施工フロー

取水路の各施工の全体フローを図5-1に、施工ステップを図5-2に示す。また、放水路の各施工の全体フローを図5-3に、施工ステップを図5-4に示す。

各施工ステップの詳細については、次項で詳述する。

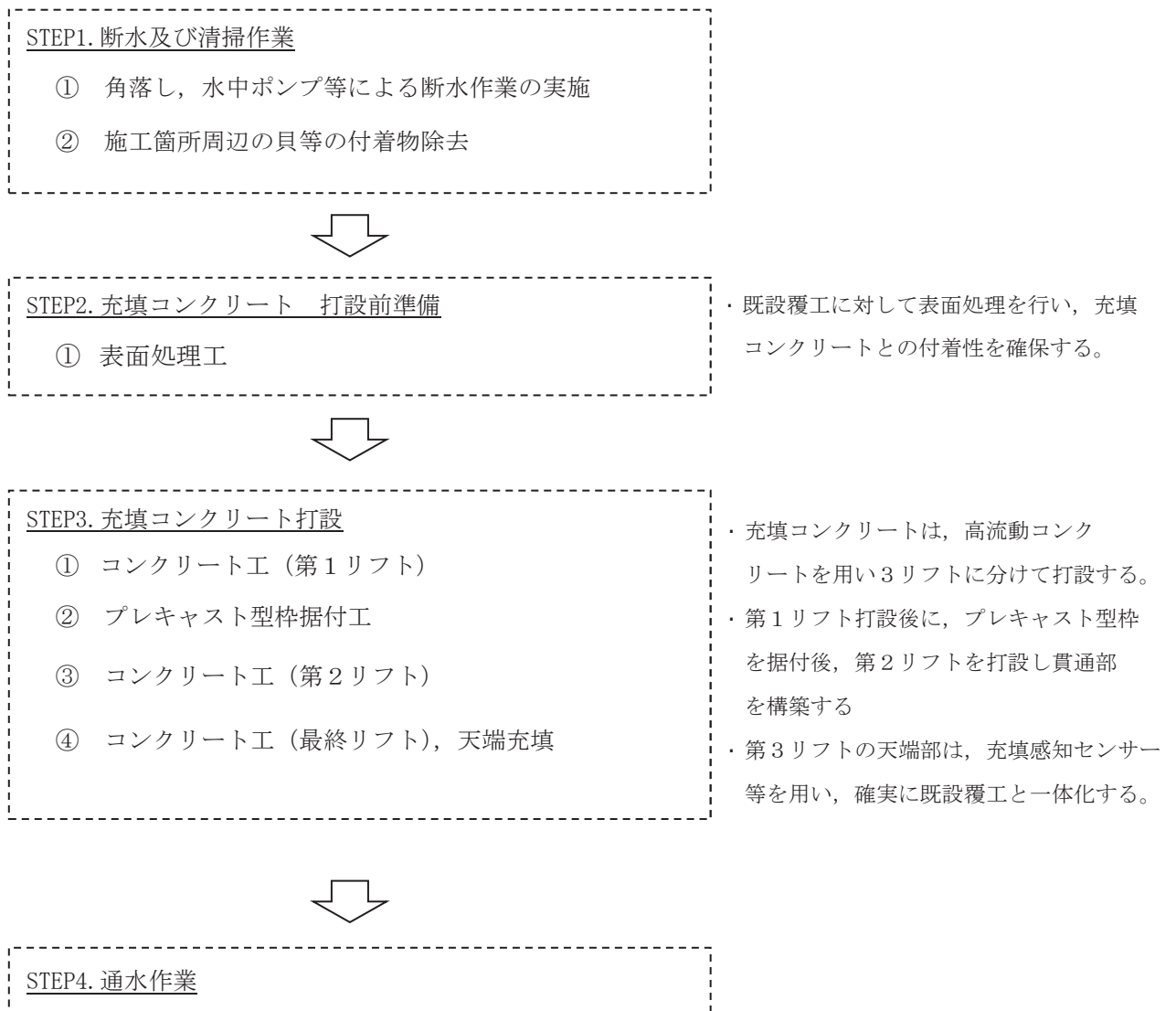
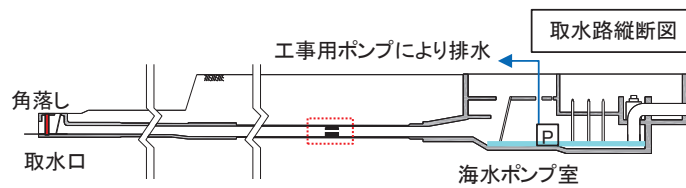


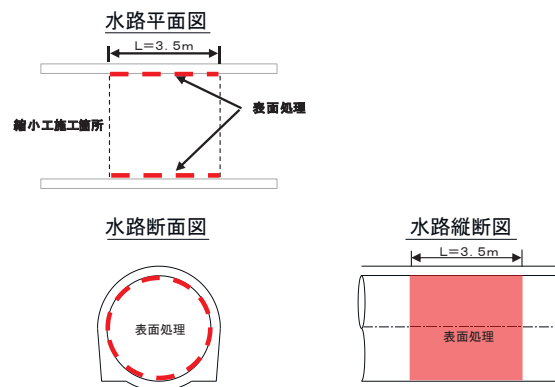
図5-1 取水路トンネル 施工フロー

【STEP1】 取水路内断水および清掃作業



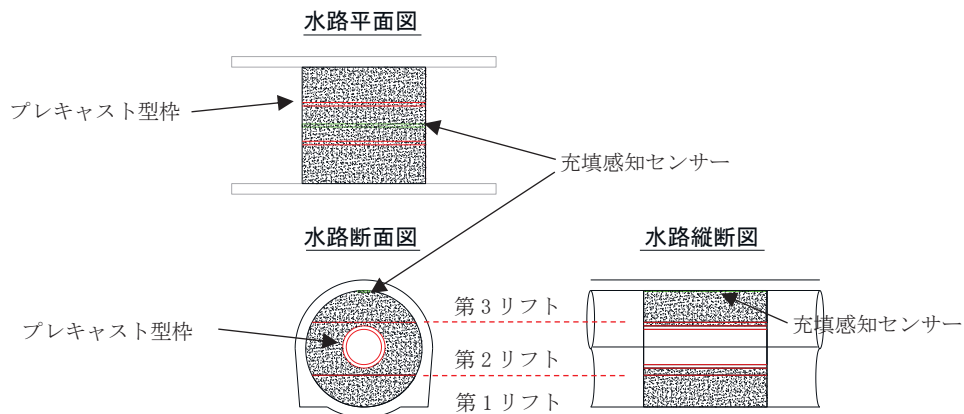
- 1) 水路内を排水し、貝等の付着物の除去を行う。

【STEP2】 表面処理工



- 1) 既設覆工と充填コンクリートの一体性を確保するため、既設覆工部の表面処理を行う。

【STEP3】 充填コンクリート打設



- 1) 充填コンクリートは高流動コンクリートにより3リフトに分けて打設する。
- 2) 第1リフト打設後、プレキャスト型枠を設置する。
- 3) 第3リフト天端付近の施工は、充填感知センサー等を用い、確実に既設覆工と一体化する。

図5-2 取水路トンネル 施工ステップ図

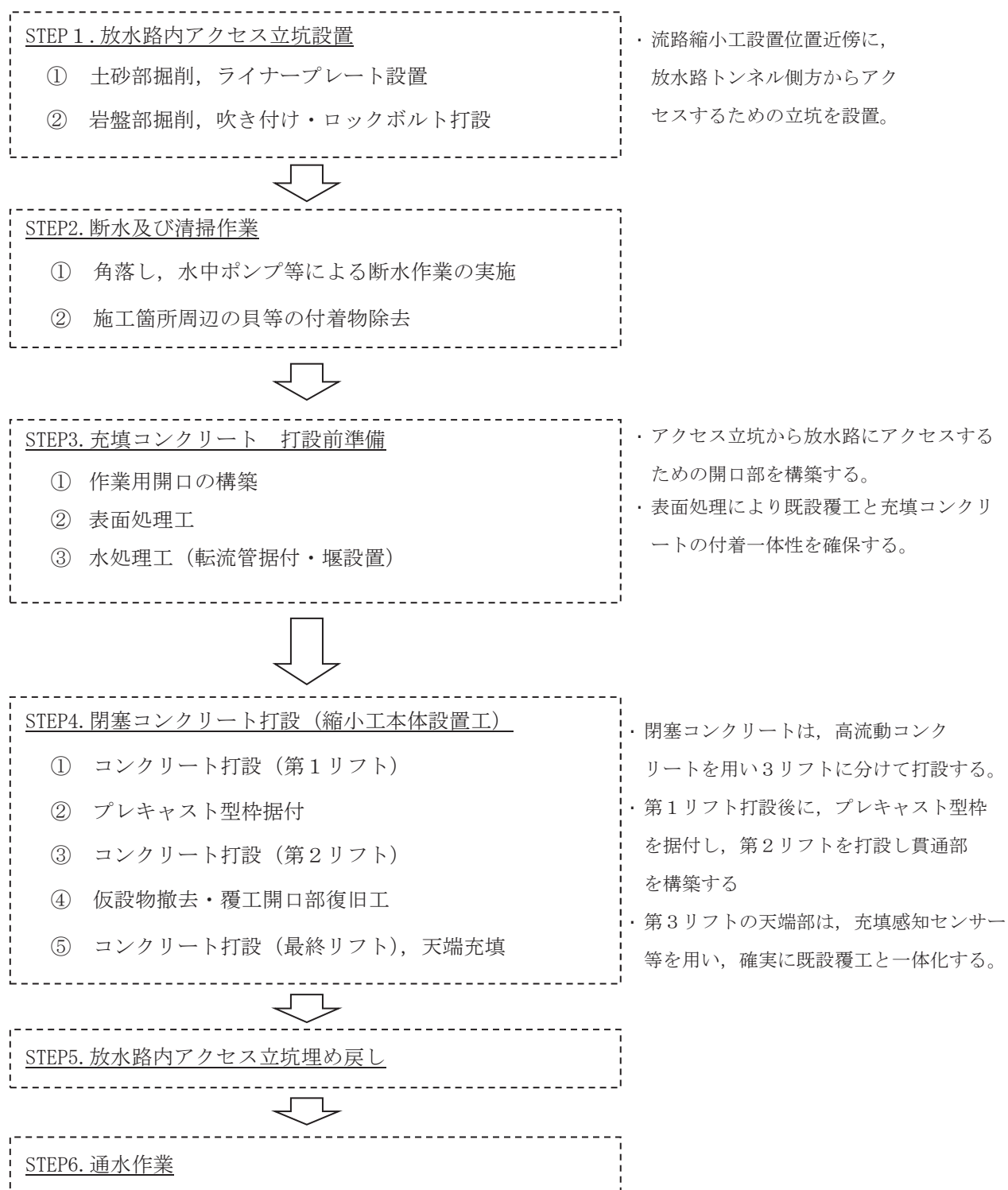
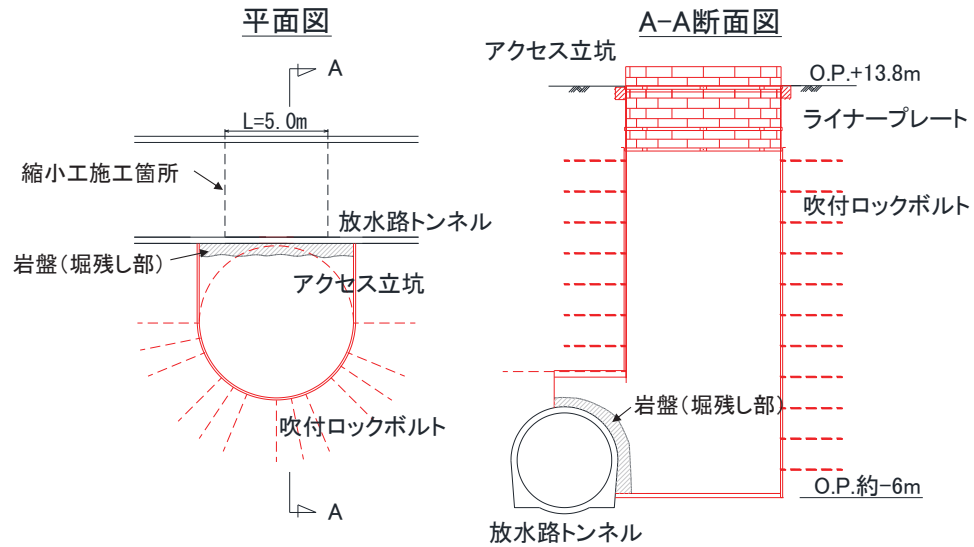


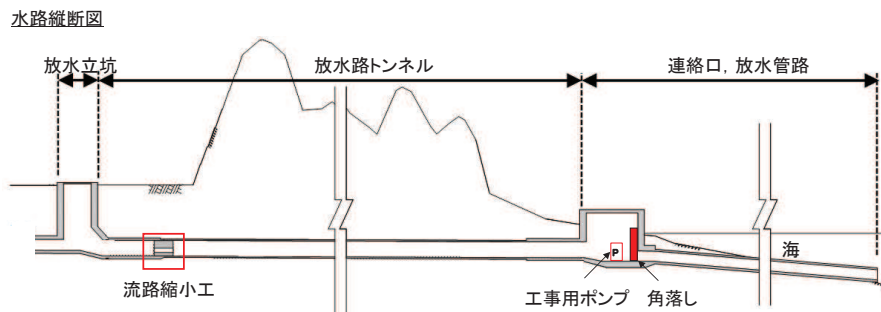
図 5-3 放水路トンネル 施工フロー

【STEP1】放水路内アクセス立坑設置



- 1) ライナープレート及び吹付ロックボルトによる土留めを行いながら、放水路内へのアクセス用立坑を設置する。
- 2) 岩盤部の掘削においては、周辺岩盤に影響を及ぼさないよう削岩工法とブレイカーの併用により掘削し、既設覆工周辺は手研り等により施工する。
- 3) 既設覆工に影響が生じないように支保工や補剛材により荷重を受けながら施工する。

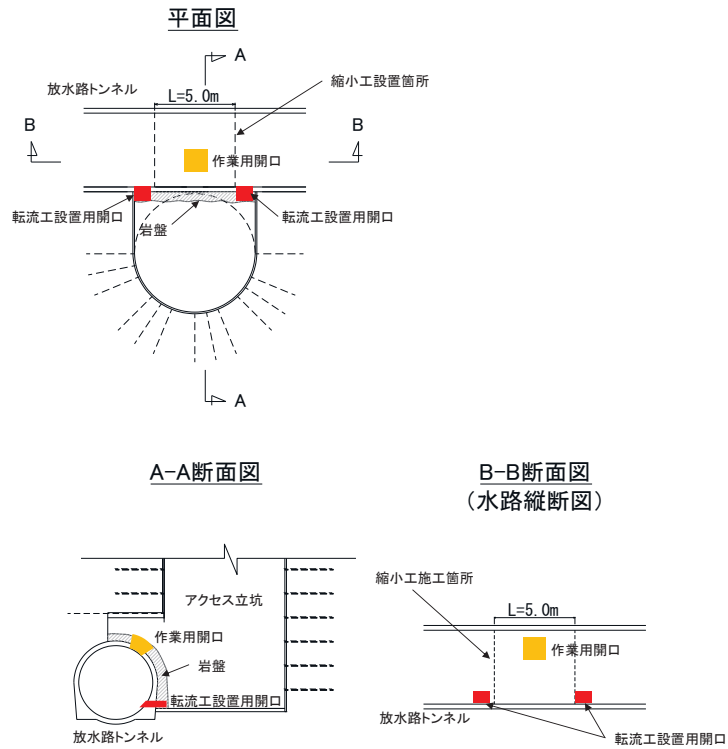
【STEP2】断水及び清掃作業



- 1) 水路内を排水し、貝等の付着物の除去を行う。

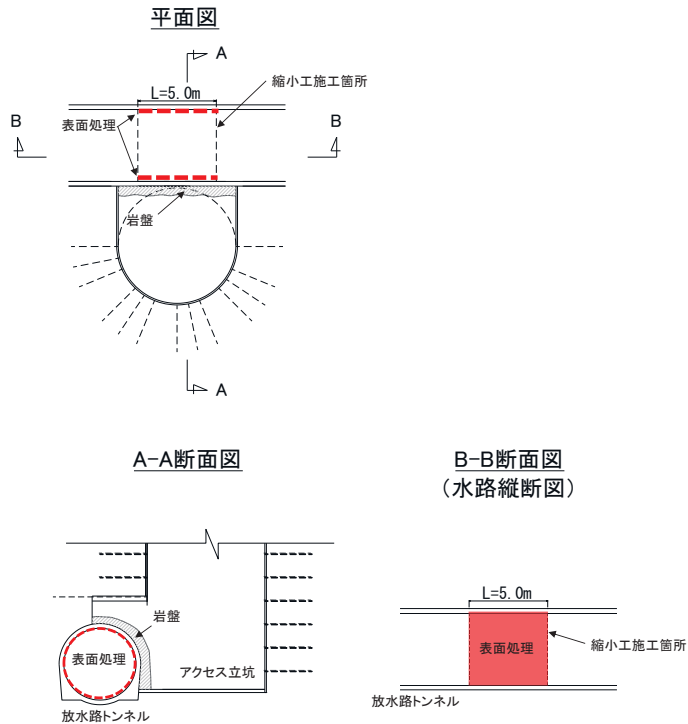
図5-4 放水路トンネル 施工ステップ図 (1/4)

【STEP3-1】 既設トンネル覆工への作業用開口設置



- 1) 既設トンネル覆工にワイヤーソーにより水路内への作業用開口を設ける。

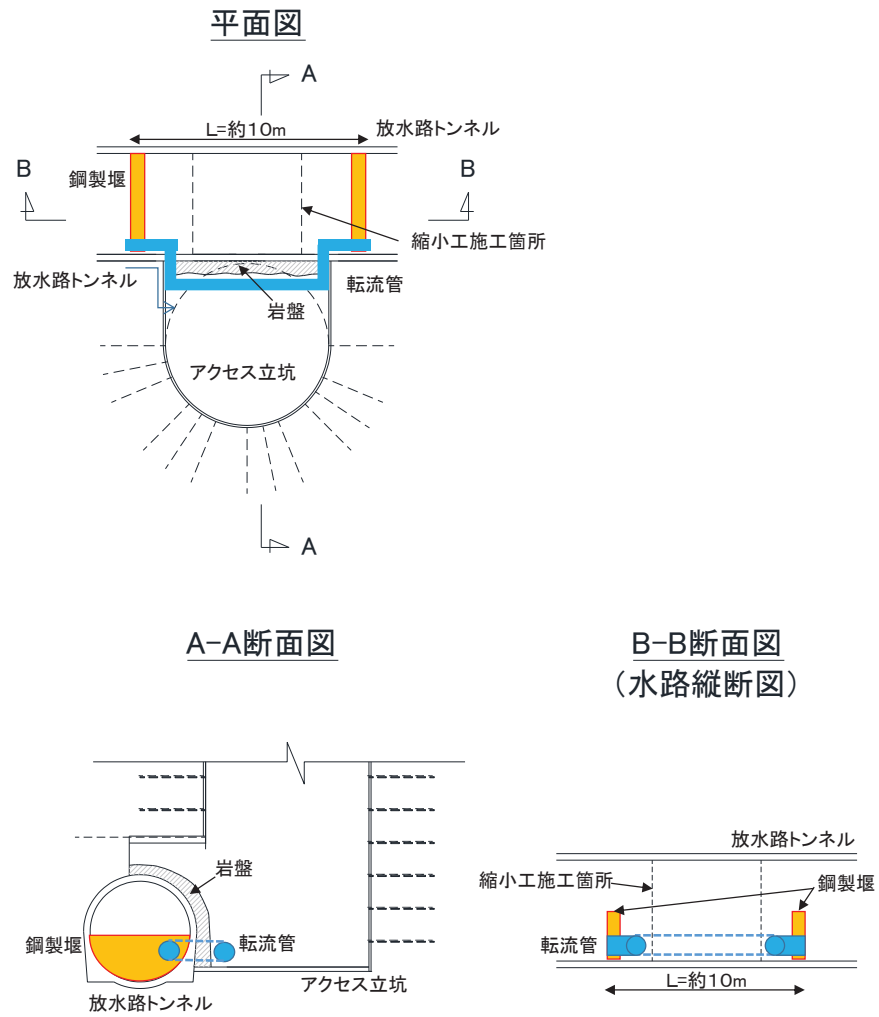
【STEP3-2】 表面処理工



- 1) 既設覆工と充填コンクリートの一体性を確保するため、既設覆工部の表面処理を行う。

図 5-4 放水路トンネル 施工ステップ図 (2/4)

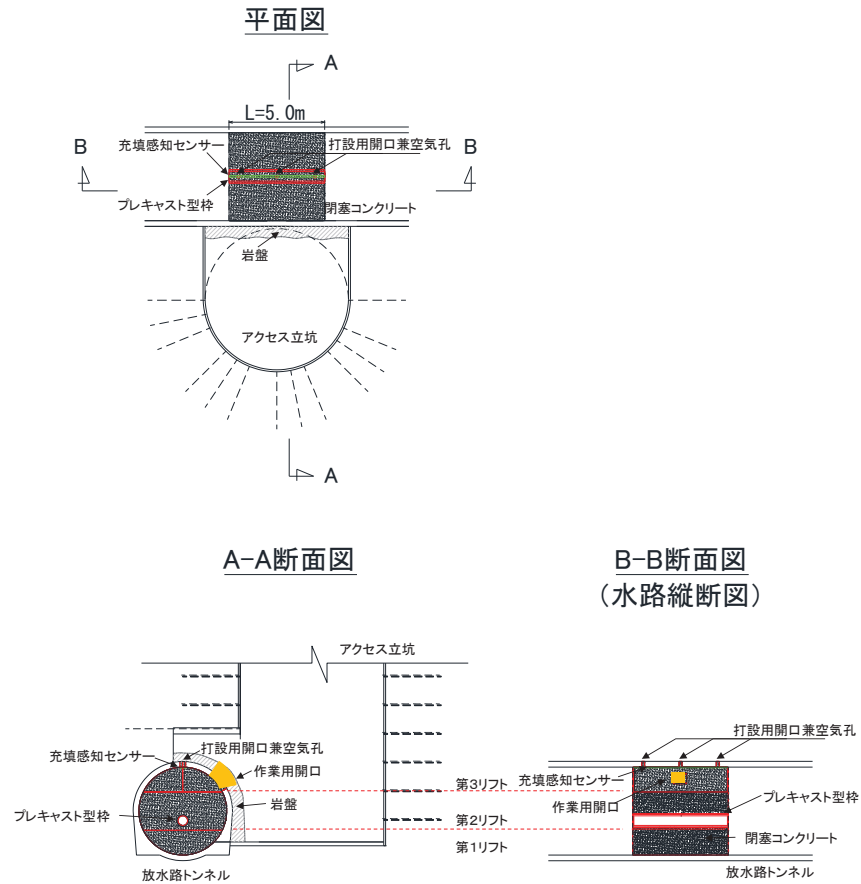
【STEP3-3】 水処理工（転流管据付・堰設置）



- 1) 放水立坑側からの放水を切り回すための転流管及び鋼製堰を設置する。
- 2) 設置後、充填コンクリート打設範囲に支障となるような漏水等が無いことを確認する。

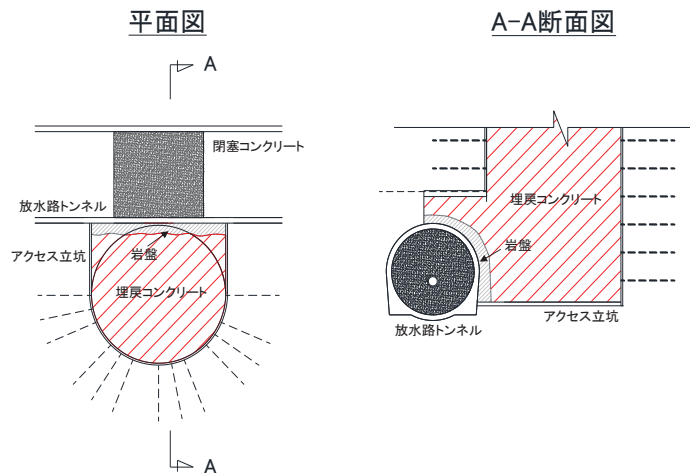
図5-4 放水路トンネル 施工ステップ図 (3/4)

【STEP4】閉塞コンクリート打設



- 1) 充填コンクリートは高流動コンクリートにより3リフトに分けて打設する。
- 2) 第1リフト打設後、プレキャスト型枠を設置する。
- 3) 第3リフト天端付近の施工は、充填感知センサー等を用い、確実に充填し既設覆工と一体化する。

【STEP5】アクセス立坑埋め戻し



- 1) 地上部付近までコンクリートにより埋め戻しを行う。

図5-4 放水路トンネル 施工ステップ図 (4/4)

5.2 表面処理工

表面処理工の概要を図5-5に示す。既設覆工の表面は、ブラスト処理による目荒らしを行うこととし、施工仕様は「構造物施工管理要領（東日本高速道路株式会社，中日本高速道路株式会社，西日本高速道路株式会社令和2年7月）」を参考にする。

本要領の適用範囲は、既設コンクリートと新材料の付着・一体化を図るために実施する既設コンクリートの表面処理であり、表面処理の対象は、コンクリート又は断面補修材の打継等とされている。今回の施工では、覆工コンクリートに表面処理を行い充填コンクリートの打継を行うため、本基準は、適用範囲内である。また、施工仕様は株式会社高速道路総合技術研究所で行われた試験結果によると、サンドブラスト（噴射密度： $30\text{kg}/\text{m}^2$ ）にて施工すれば、十分な付着性能を確保できるとされている。

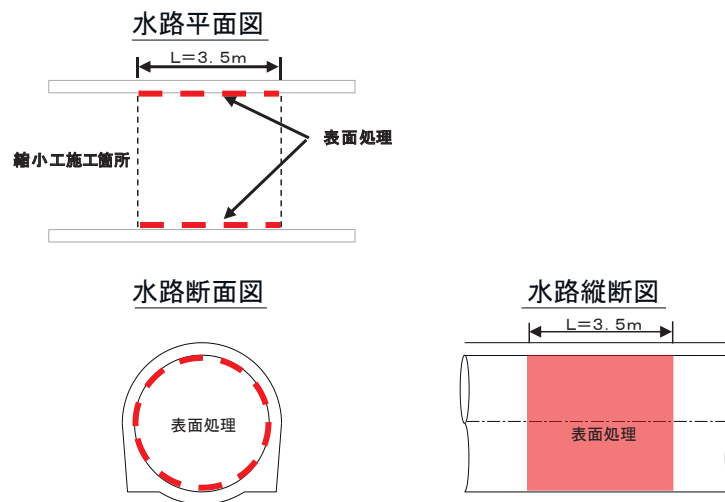


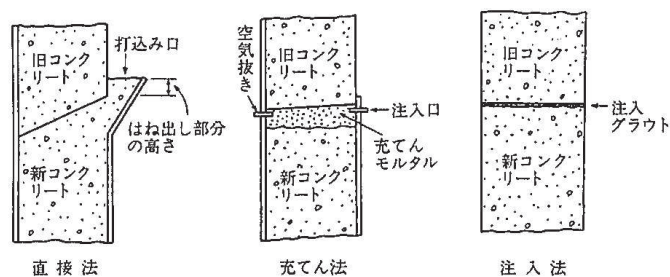
図5-5 表面処理工の概要（取水路トンネルの例）

5.3 コンクリート工

充填コンクリート工における施工上の配慮事項について、以下に示す。

- ・ コンクリートは、充填性に配慮し高流動コンクリートを用いる。打継処理について、高流動コンクリートはブリーディングがほとんど生じないと想定されるが、通常のコンクリートと同様、凝結前に高圧水等でコンクリート表面のレイタンスおよび薄層を除去する等の打継処理を行う。
- ・ 天端付近の施工については、図 5-6 に示す「コンクリート標準示方書【施工編】（土木学会，2017年）」の逆打ちコンクリートの打ち継ぎ処理を参考にし、取水路においては充てん法を、放水路においては直接法により施工し、既設覆工コンクリートとの一体性を確保する。
- ・ なお、天端付近の確認については、充填感知センサーを設置し、充填状況の監視を行う。また、充てん法を用いる取水路においては型枠材に透明アクリル板を使用することで、目視確認も行う。天端部の施工概要を図 5-7 に、充填感知センサーの概要を図 5-8 に、透明アクリル板を用いた施工の概要を図 5-9 に示す。
- ・ コンクリートの仕様は、温度応力解析により打設コンクリートのひび割れ発生に配慮し、かつ、既設覆工に発生する応力が許容応力以内に収まることを確認した配合及びリフト割とする。別紙 1 に温度応力解析の解析結果（例）を示す。解析の結果、温度応力による発生応力に対して、既設覆工を含め、ひび割れ防止筋を配置する等により、有意な影響は生じないことを確認している。なお、施工段階において詳細検討を行う。

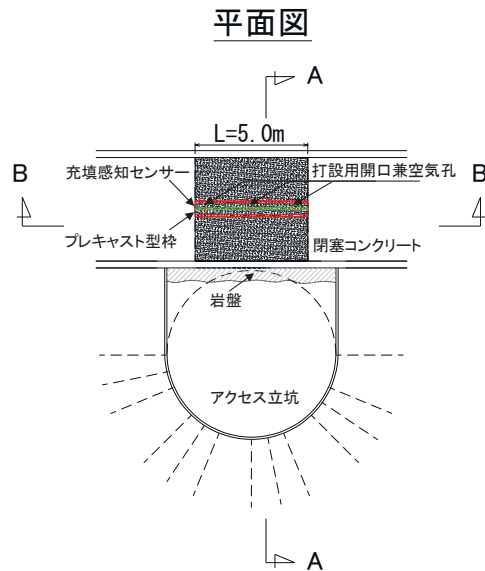
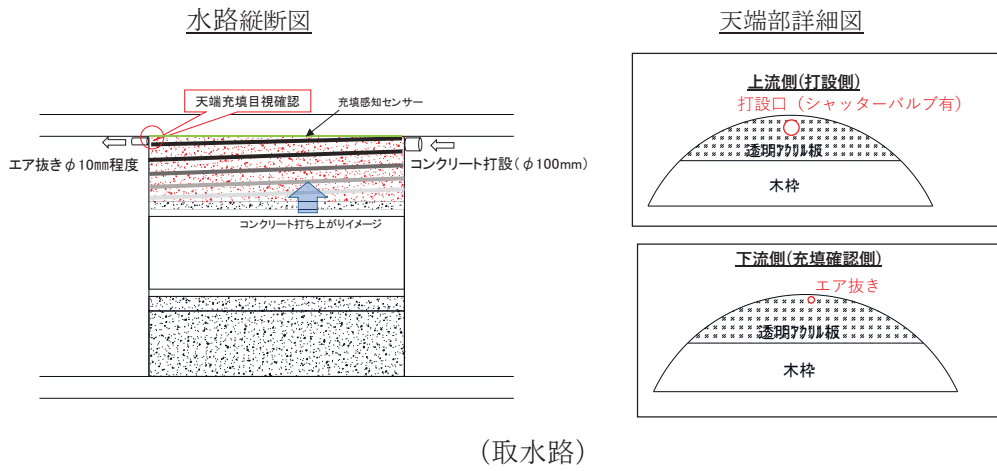
（2）について 逆打ちコンクリートでは、打継目は常に既に打ち込まれたコンクリート（旧コンクリート）の下面となり、その下に打ち継がれる新しく打ち込んだコンクリート（新コンクリート）のブリーディング水や沈下によって、打継面は一体とならないのが普通である。そのため、逆打ちコンクリートでは解説図 9.2.1 に示すような施工方法により打継目の一体性を確保する。いずれの方法を用いる場合にも、新旧コンクリートの一体性を確保するため、旧コンクリートの打継面のレイタンスや汚れを除去しておく。また、いずれも新コンクリートのブリーディング水およびレイタンスを除去することが困難な場合が多いので、ブリーディング水ができるだけ少ない配合のコンクリートを採用する必要がある。それぞれの方法は、以下のような特徴がある。



解説 図 9.2.1 逆打ちコンクリートの打継ぎ

図5-6 逆打ちコンクリートの打継ぎ方法

（コンクリート標準示方書【施工編】（土木学会，2017年）より抜粋）



A-A断面図

**B-B断面図
(水路縦断面図)**

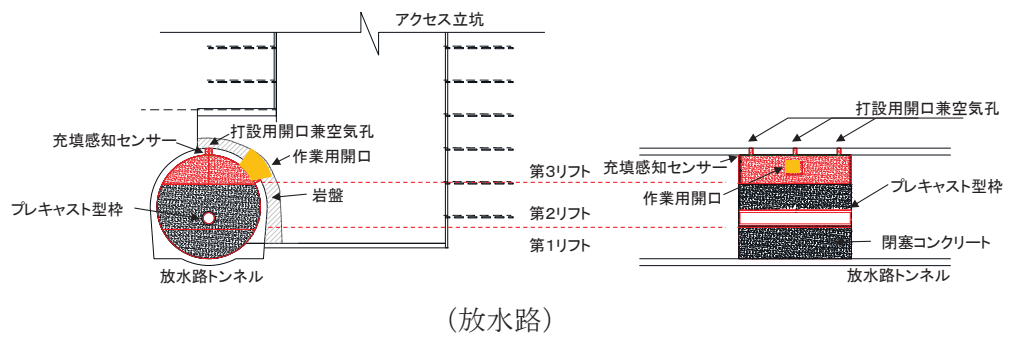


図 5-7 天端付近の閉塞コンクリートの施工イメージ図

■山岳トンネル覆工コンクリート

山岳トンネルの覆工コンクリート天端部に適用した例を下図に示します。
打設スパン全長（10.5m）を11区間（1～11CH）に分割して充填状況を監視しました。

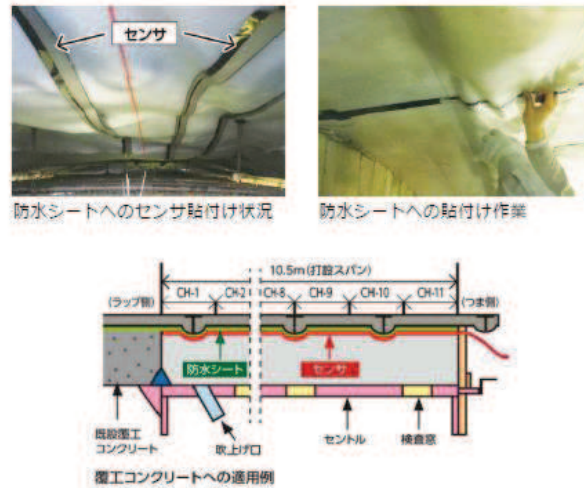


図 5-8 充填感知センサーを用いたコンクリート工の概要
(<https://www.munekata.co.jp/zyuutenmieruka/>より参照)



図 5-9 透明アクリル板を型枠に用いた施工の概要
(<http://www.kouyou-shokai.co.jp/mieruform/>より参照)

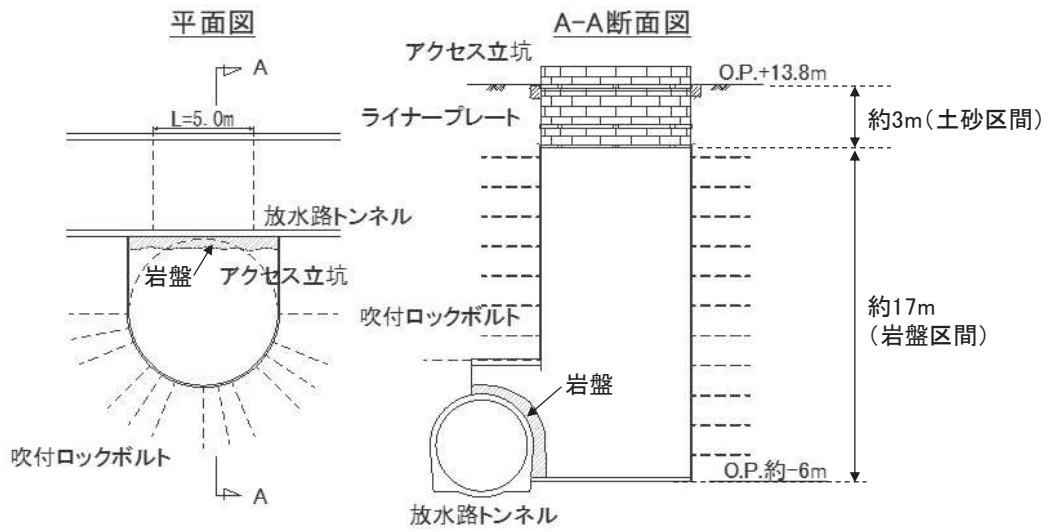
5.4 アクセス立坑

放水路については、1系統のみのため、施工用にアクセス立坑を設ける。立坑はライナープレート及びロックボルト+モルタル吹付による山留掘削を行う。岩盤部の掘削においては、既設覆工に影響が及ばないように、削岩工法により静的に岩盤を破碎後、周辺部をブレイカー破碎することで、掘削範囲をコントロールしながら施工する。また、既設覆工に近接する箇所の掘削は手斫りにより行う。アクセス立坑の施工概要を図5-10に示す。

アクセス立坑から放水路トンネルへの進入用の作業用開口と転流管設置に必要な開口を設けるため、既設の覆工コンクリートを部分的に撤去する。撤去はワイヤーソーを用いて切断することで、切断箇所以外に影響が及ばないように配慮する。覆工を撤去した箇所については、閉塞コンクリートの打設に併せて復旧する。また、施工期間中に覆工への荷重が作用しないよう、水路内を排水後、覆工周辺の岩盤掘削を実施するとともに、適宜、支保等により補剛しながら施工する。

アクセス立坑は、工事完了後に埋戻しを行うが、流路縮小工へ有意な影響を与えないよう、周辺岩盤相当の強度及び変形特性を有するMMRによる埋戻しを行う。

また、立坑掘削による周辺岩盤の応力開放により既設覆工に影響が及ばないことを確認する。別紙2に解析結果(例)を示す。解析の結果、応力開放に伴い既設覆工に生じる応力による有意な影響は無く、健全性を確保できることを確認している。



土砂部ライナープレート取付け



岩盤部掘削

【削岩工法の概要】

油圧式であり、低振動である。また、割れ方向をコントロールすることができる。

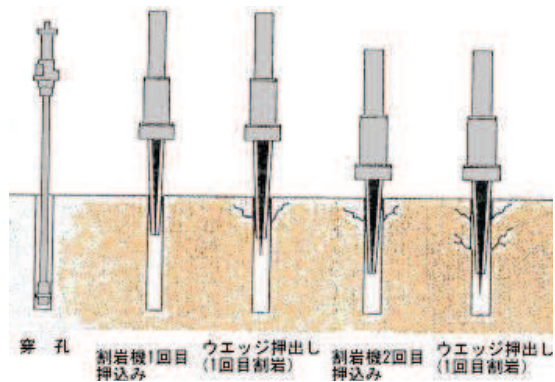


図 5-10 アクセス立坑の施工概要

(別紙1) コンクリート打設時の温度応力の影響について

1. はじめに

コンクリート打設時における温度応力解析結果を示す。なお、詳細な配合や打設時期について確定次第、別途実施することで品質を確保する計画としており、本項では現計画における解析例を示すものである。

2. 解析手法

温度応力解析は三次元非定常温度応力解析とし、熱の収支を正確に評価するために躯体を中心とした周囲の岩盤に至る十分広い範囲を解析対象とする。解析モデルを図1に示す。

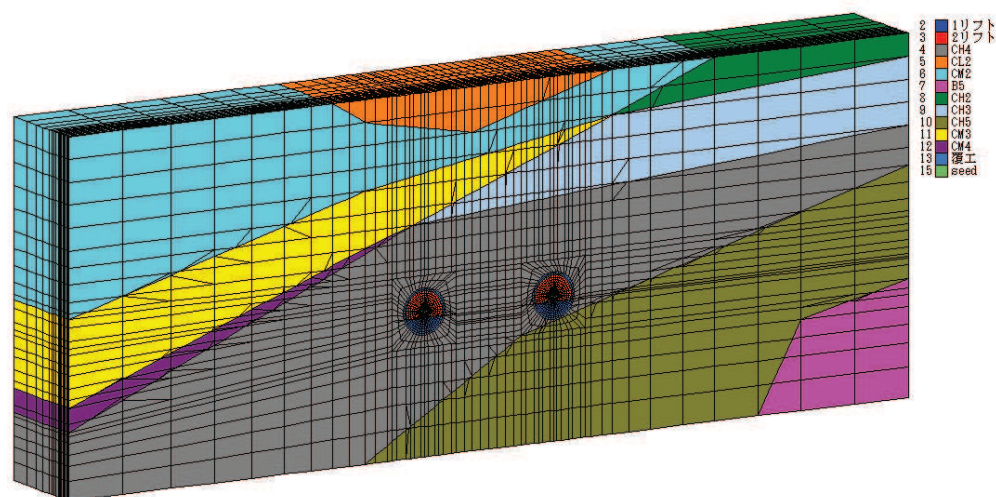


図1 解析モデル（取水路の例）

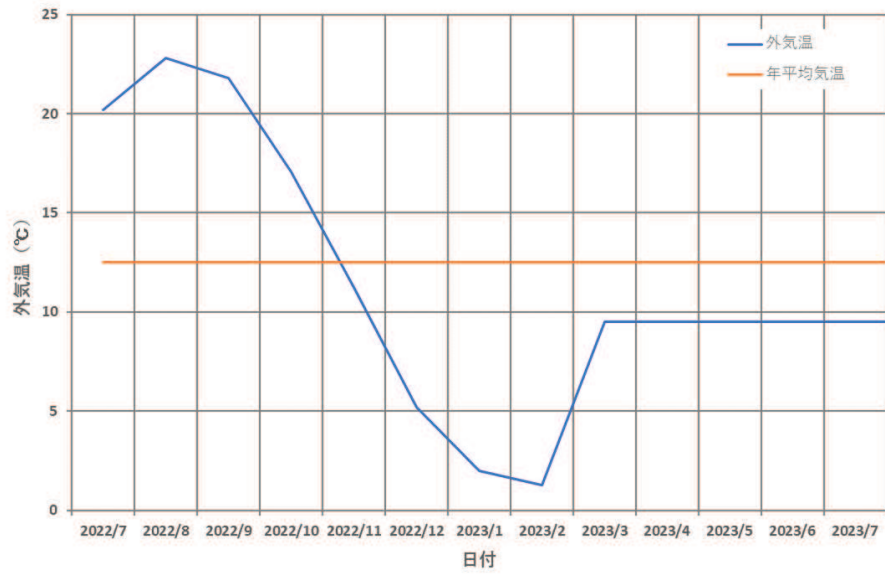
3. 施工条件

施工条件は、現時点での工事計画に基づき設定する。解析に用いた外気温は、発電所構内の気象観測データ（2017年～2019年の月別平均気温）を用いることとし、基礎岩盤の温度初期条件は年平均気温を与える。

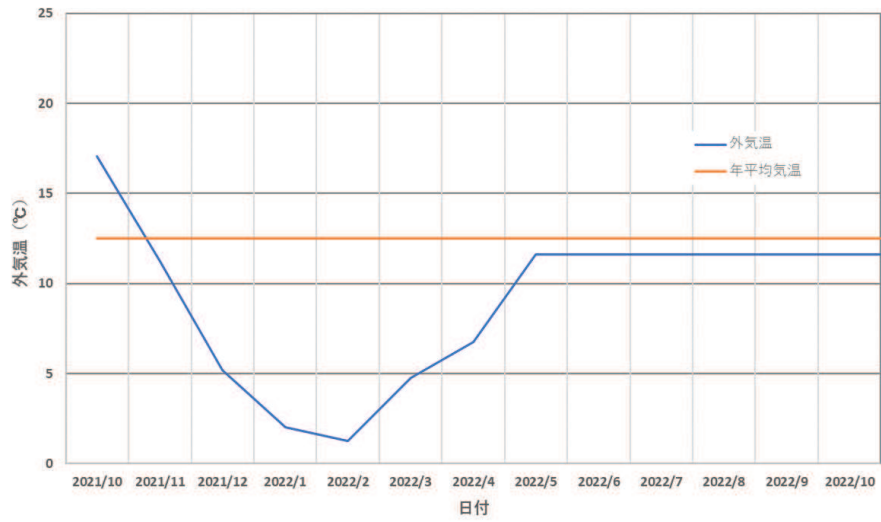
表1にコンクリート打設工程を、図2に設定した外気温を示す。

表1 コンクリート打設工程（予定）

分類	工程
取水路	2022年10月～2022年12月
放水路	2022年1月～2022年2月



(取水路)



(放水路)

図2 設定外気温

3. 材料特性

(1) コンクリートの配合

本解析に用いたコンクリートの配合を表 2 に示す。セメントは中庸熱ポルトランドセメント（フライアッシュ 30% 混合）とし断熱温度上昇量を抑える配合とする計画としている。

表2 本解析に用いたコンクリートの配合

使用セメント	f _{ck} (N/mm ²)	W/B(%)	Sf(cm)	s/a(%)	単用量(kg/m ³)							
					W	C	FA	S1	S2	G	SP	AE助剤
中庸熱 ポルトランドセメント	50 (91day)	38.0	65	50.8	170	322	125	419	418	840	5.14	1.34

(2) 断熱温度上昇特性

コンクリートの断熱温度上昇特性は、コンクリート標準示方書 [設計編] に基づき、以下の式により算出する。各定数は、メーカー技術資料(宇部三菱セメント会社「技術資料(第7版)」)より参照する。

$$Q_{(t)} = Q_{\infty}(1 - e^{-rt})$$

ここに、

$Q_{(t)}$: 材齢 t 日における断熱温度上昇量 (°C)

Q_{∞} : 終局断熱温度上昇量 (°C)

r : 温度上昇速度に関する係数

(3) 力学的特性値

① 圧縮強度

各材齢におけるコンクリートの圧縮強度は、表 3 に示す値を用いる。

表 3 コンクリートの積算温度ごとの圧縮強度一覧

積算温度 (°Ch)	MF30 圧縮強度(N/mm ²)
120	0
1080	11.691
2160	15.457
5040	20.06
20160	41.7
40320	54.758
65520	63.904

(宇部三菱セメント会社「技術資料 (第7版)」より参照)

②引張強度及びヤング係数

引張強度およびヤング係数は、コンクリート標準示方書〔設計編〕に準拠し、下式を用いて算出する。

$$f_t(t_e) = 0.13 \times \{f'_c(t_e)\}^{0.85}$$

ここに、

$f_t(t_e)$: 材齢 t 日における引張強度 (N/mm²)

$$E_e(t_e) = \phi(t_e) \times 6300 \times \{f'_c(t_e)\}^{0.45}$$

ここに、

$E_e(t_e)$: 材齢 t 日における有効ヤング係数 (N/mm²)

$\phi(t_e)$: 温度上昇時におけるクリープの影響が大きいことによるヤング係数の補正係数

最高温度に達するまでの有効材齢 : $\phi(t_e) = 0.42$

最高温度に達する有効材齢+1 有効材齢 以降 : $\phi(t_e) = 0.65$

最高温度に達する有効材齢後の 1 有効材齢までは線形補完する

(4) その他の物性値など

上記以外の物性値等については、地盤の支持性能に示す解析用物性値又はコンクリート標準示方書に基づき設定する。

4. 解析結果

4.1 取水路

最小ひび割れ指数コンター図を図3に、結果一覧を表4に示す。

新設する充填部においては、いずれの要素もひび割れ指数1.0以上となり、有意なひび割れの発生は生じないものと判断される。

既設覆工部においては一部要素で、ひび割れ指数1.0未満となるが、既設覆工に配置されている鉄筋の降伏応力以下であり、有意なひび割れは生じないものと判断される。

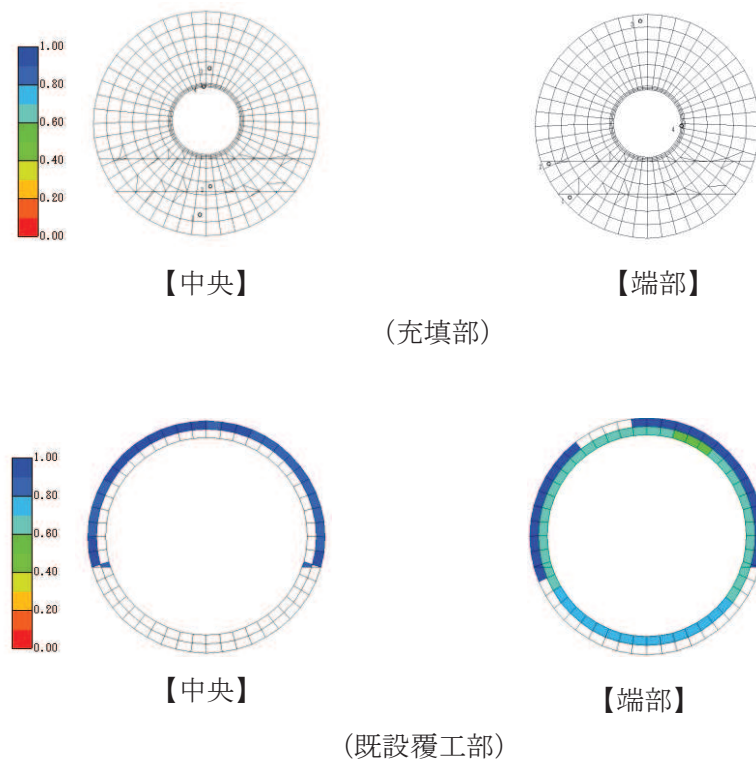


図3 最小ひび割れ指数コンター図（取水路）

表4 ひび割れ指数一覧

評価対象	最小ひび割れ指数	備考
覆工部	0.60	ひび割れ指数1.0を下回った要素に対して、発生応力<既設鉄筋の降伏応力となっていることを確認済み。
充填部	1.0以上	

4.2 放水路

最小ひび割れ指数コンター図を図4に、結果一覧を表5に示す。

新設する充填部においては、一部の要素でひび割れ指数1.0未満となるが、部分的であり、ひび割れ防止筋を配置することで有意なひび割れの発生は生じないものと判断される。

既設覆工部においては一部要素で、ひび割れ指数1.0未満となるが、既設覆工に配置されている鉄筋の降伏応力以下であり、有意なひび割れは生じないものと判断される。

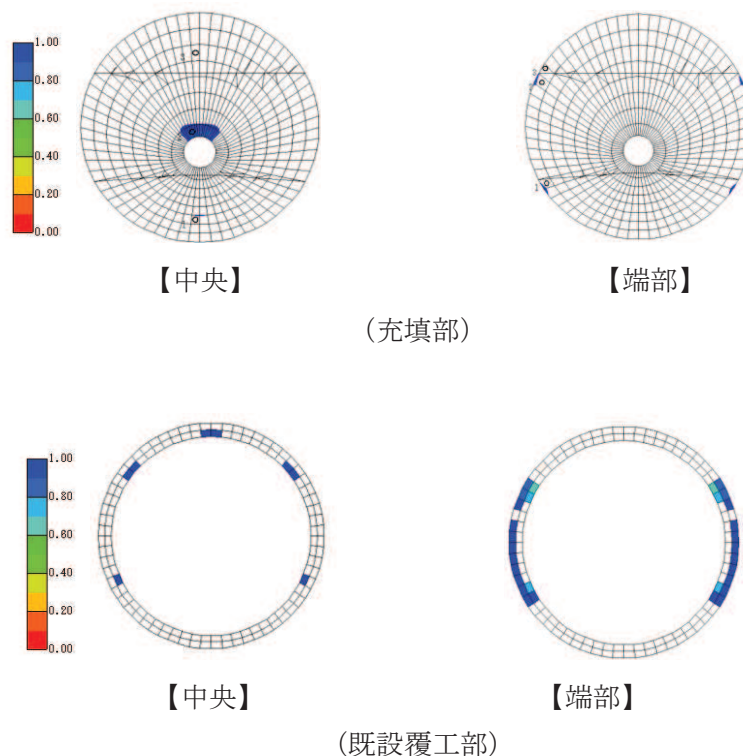


図4 最小ひび割れ指数コンター図（放水路）

表5 ひび割れ指数一覧

評価対象	最小ひび割れ指数	備考
覆工部	0.63	中央断面では1リフト目の一部及び2リフト目の開口上部に、端部においては既設覆工近傍にひび割れ指数1.0を下回った要素が生じていることから、ひび割れ防止筋を配置する。
充填部	0.68	ひび割れ指数1.0を下回った要素に対して、発生応力<既設鉄筋の降伏応力となっていることを確認済み。

(別紙2) 立坑掘削時の影響について

1. はじめに

本資料は放水路におけるアクセス用立坑掘削時における周辺岩盤の応力開放による影響についての確認結果を示す。なお、詳細な掘削計画について確定次第、別途影響評価を実施することとし、本項では現計画における解析例として示すものである。

2. 評価方法

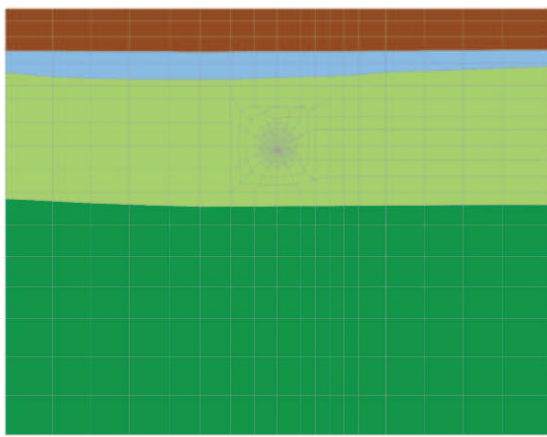
立坑掘削における施工フローに応じたステップ解析を行い、既設覆工部に生じる発生応力に対して健全性を確認する。評価方法は、許容限界として既設覆工部のせん断強度及び引張強度とし、発生応力と許容限界との比率による局所安全係数とする。

ステップ解析に用いる解析コードは、TDAPⅢを用いる。

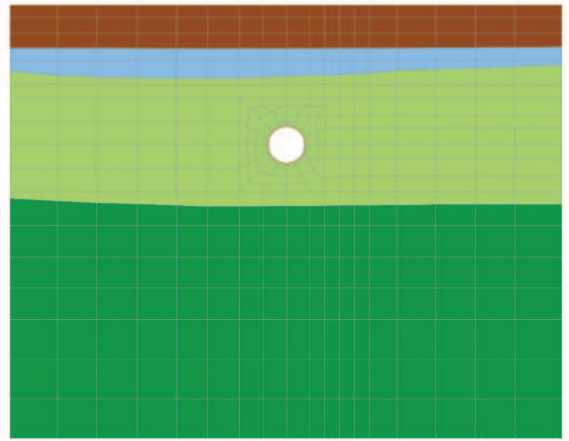
表1に解析ステップを、図1にステップごとのモデル概念図を示す。

表1 解析ステップ

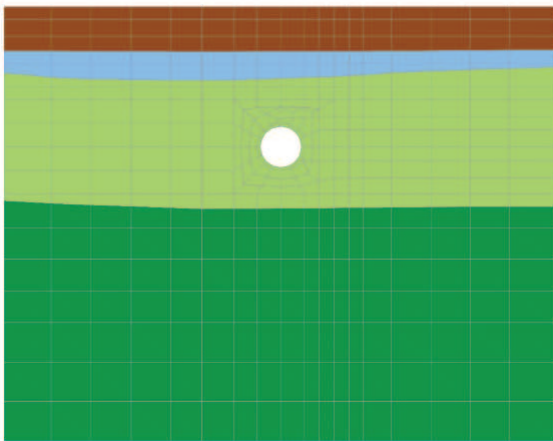
No.	施工ステップ	荷重	評価項目
1	施工前	・ 自重 ・ 地表面荷重	—
2	トンネル掘削	・ 開放力 (応力開放率 40%)	—
3	覆工施工	・ 開放力 (応力開放率 60%)	—
4	内水作用	・ 静水圧	—
5	立坑掘削	・ 開放力 (応力開放率 100%)	局所安全係数 (せん断, 引張)
6	内水抜水	・ 静水圧を除荷	—
7	横坑掘削	・ 開放力 (応力開放率 100%)	局所安全係数 (せん断, 引張)



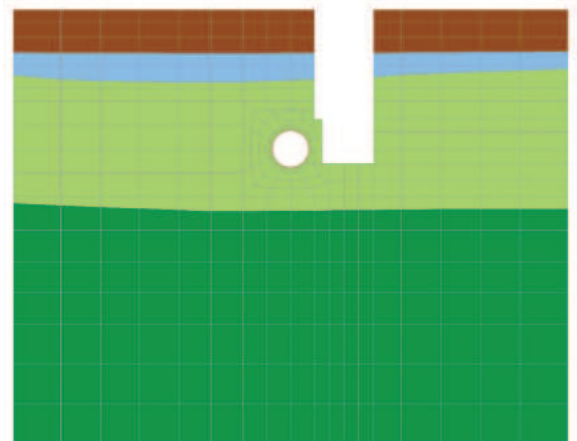
ステップ 1



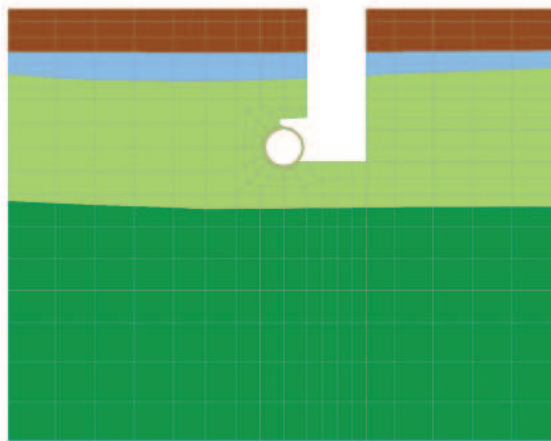
ステップ 2



ステップ 3・4



ステップ 5・6



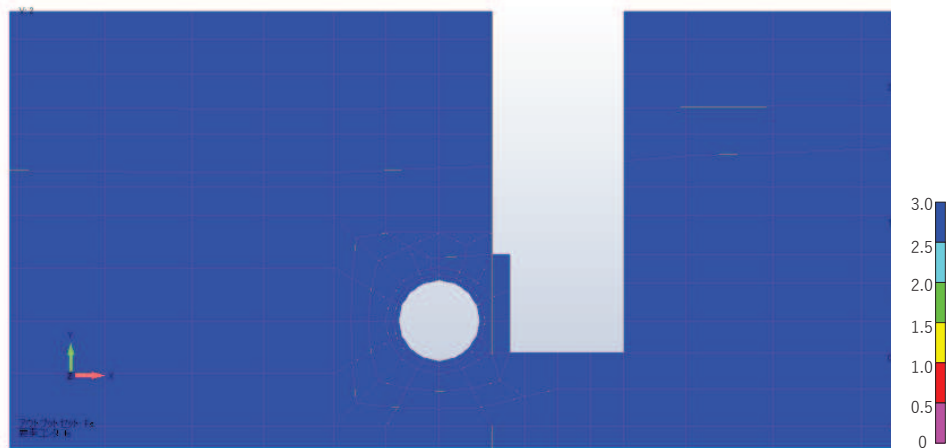
ステップ 7

図 1 解析モデル概念図

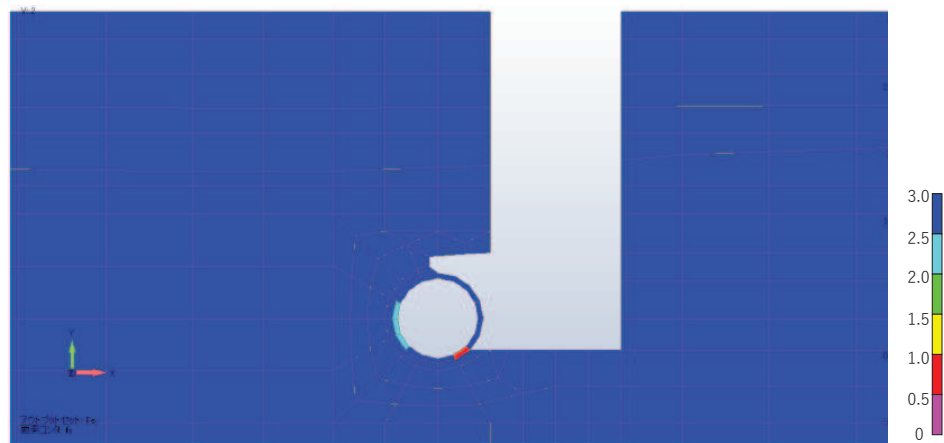
3. 解析結果

図2にステップ5（立坑掘削時）及びステップ7（横坑掘削時）における局所安全係数を示す。ここで、許容限界として既設覆工部のせん断強度及び引張強度とし、局所安全係数は発生応力との比率を示す。

解析の結果、ステップ7（横坑掘削時）において、既設覆工の一部にて局所安全係数<1となる要素が生じているが、表5-8に示すとおり、発生応力に対する鉄筋の軸方向引張応力度は裕度を有しており、有意な影響はないと判断される。



(ステップ5：立坑掘削完了)



(ステップ7：横坑掘削完了)

図2 局所安全係数コンター図

表2 局所安全係数<1となった要素の鉄筋の軸方向応力度

評価項目	発生応力度(N/mm ²)	降伏応力度(N/mm ²)	安全率
既設覆工（鉄筋）	94	345	0.27

(別紙3) アクセス立坑 MMR モデル化の影響

追而

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

目次

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

1. 概要

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

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

2. 一般事項

2.1 検討対象水密扉一覧

検討対象の水密扉を表 2-1 に示す。

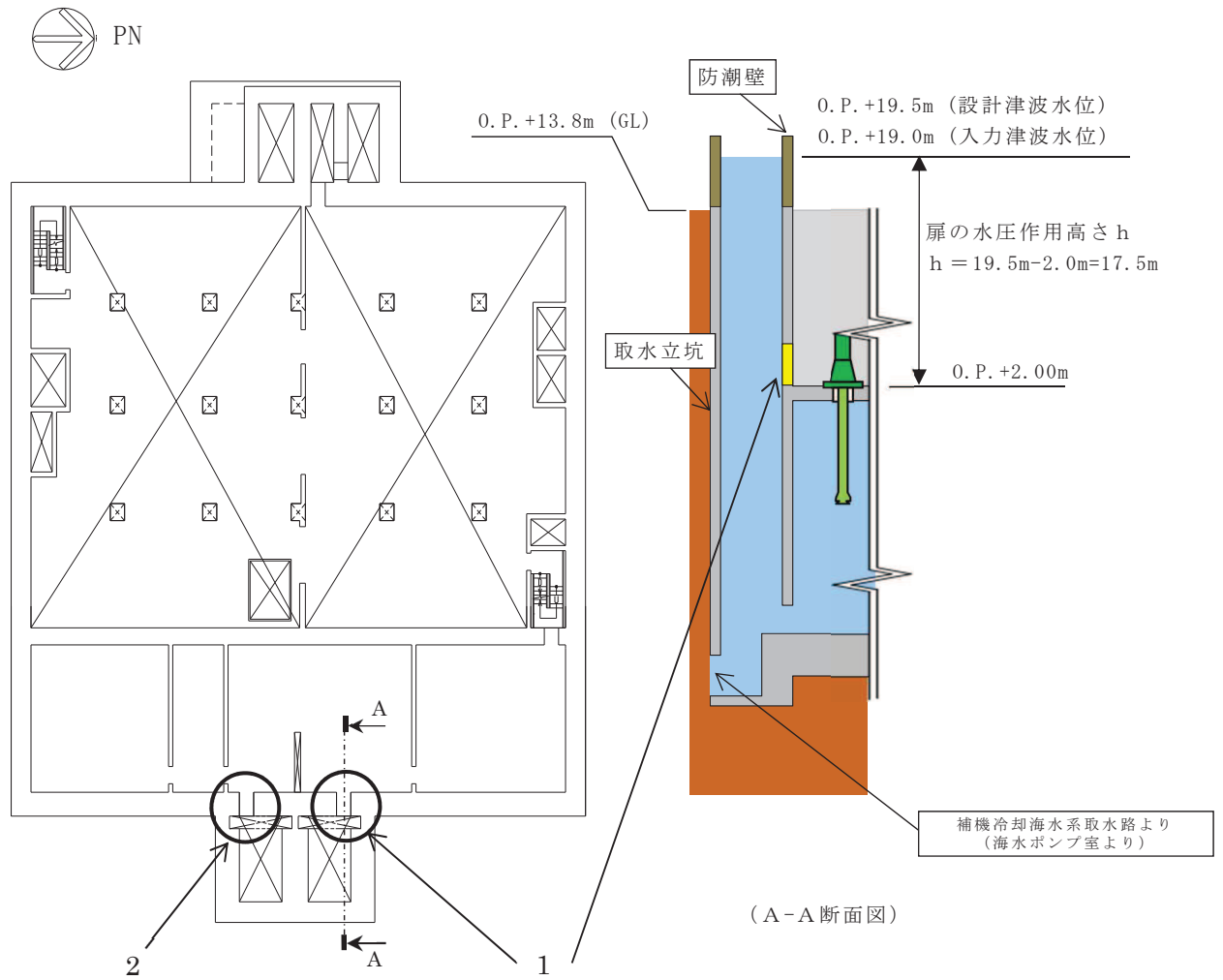
表 2-1 検討対象水密扉一覧

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

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

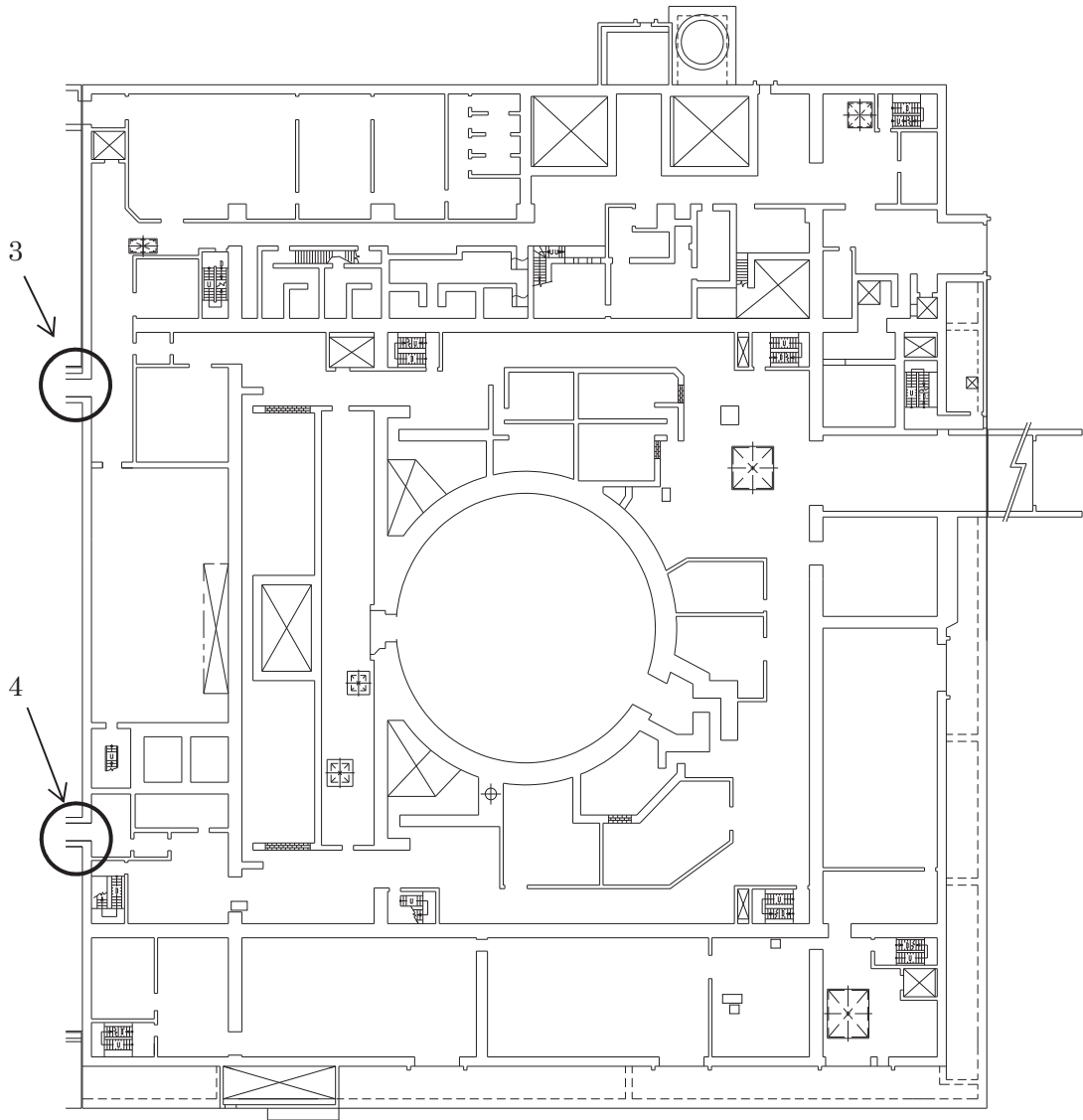
2.2 配置概要

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



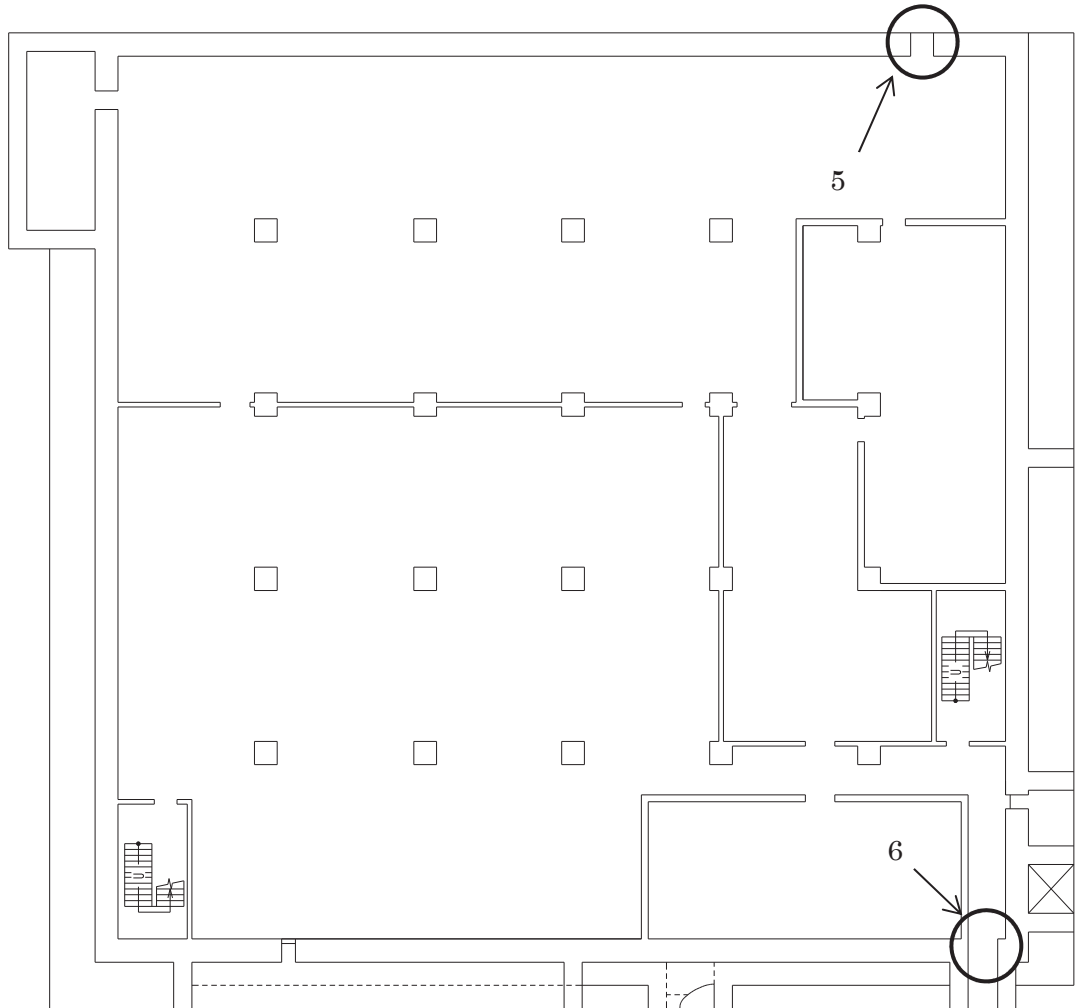
1	水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 1)
2	水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 2)

図2-1 第3号機海水熱交換器建屋の水密扉の設置位置図 O.P. 2.00m



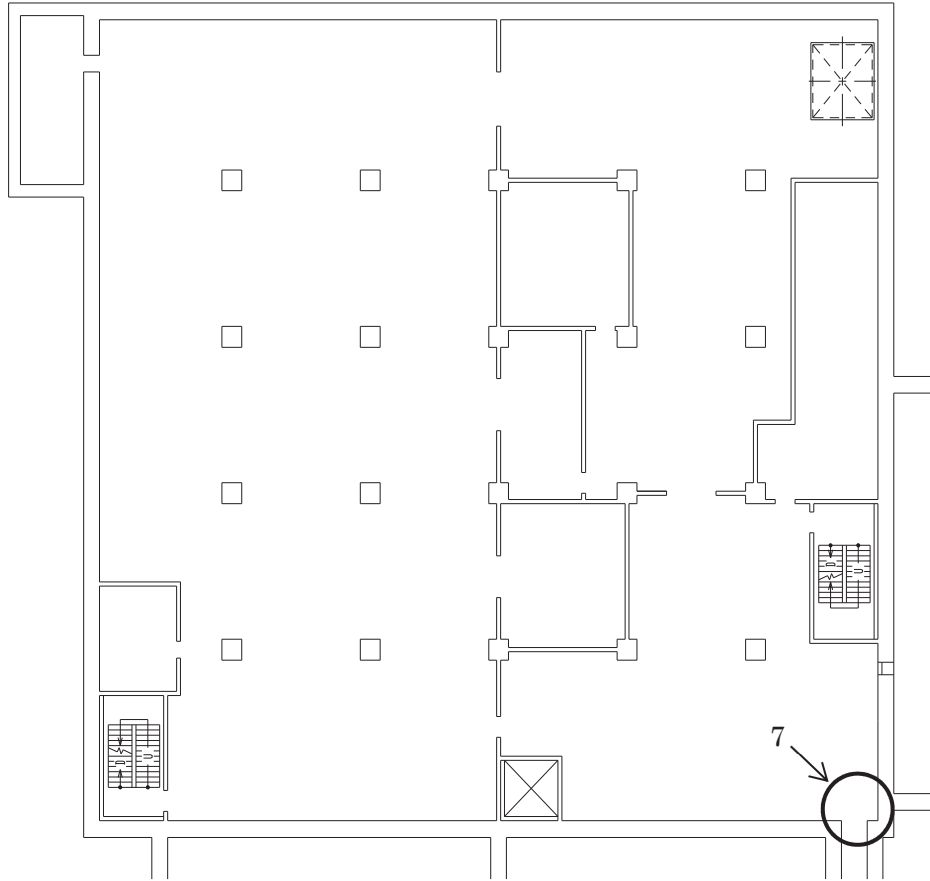
3	原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)
4	原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)

図 2-2 原子炉建屋の水密扉の設置位置図 0.P. 14.00m



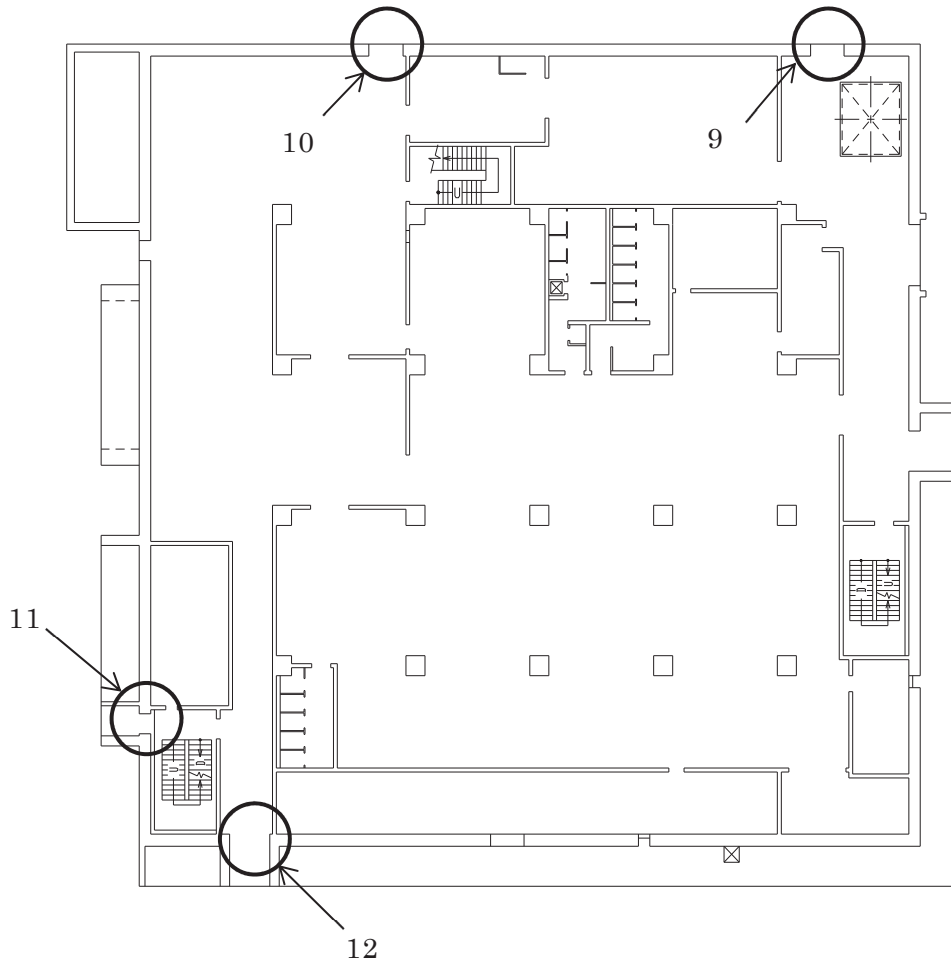
5	制御建屋空調機械(A)室浸水防止水密扉
6	制御建屋空調機械(B)室浸水防止水密扉

図 2-3 制御建屋の水密扉の設置位置図(1/5) 0.P.0.50m



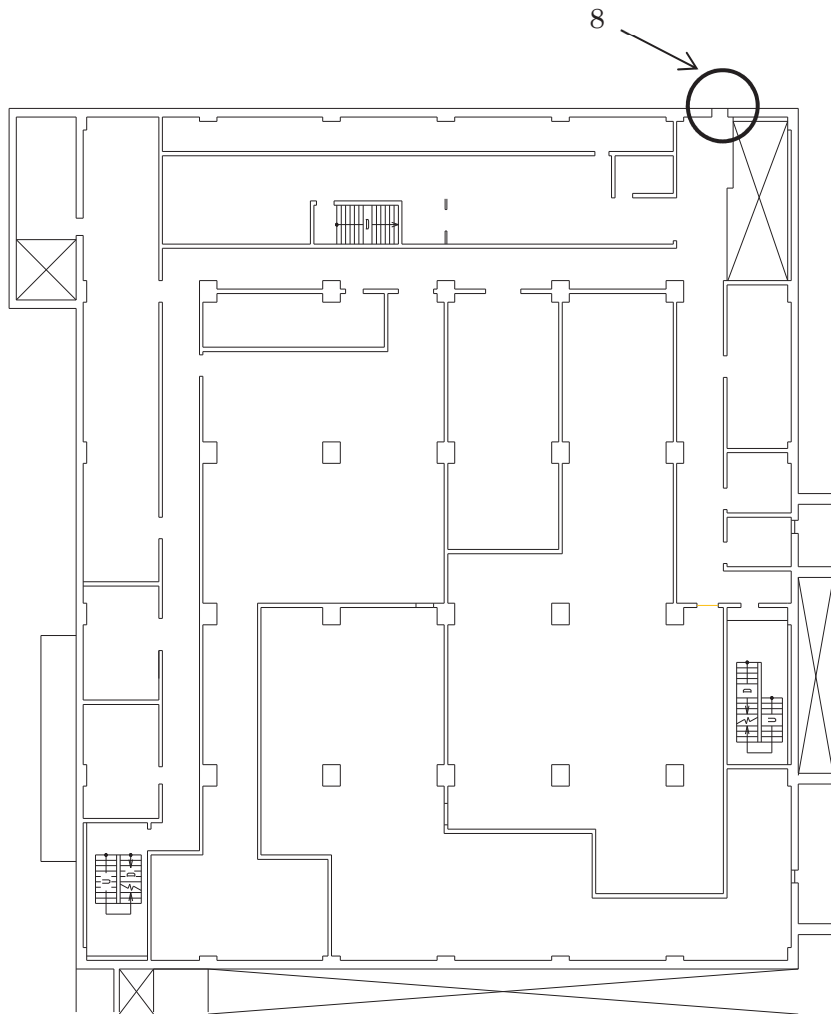
7	計測制御電源室(B) 浸水防止水密扉 (No. 3)
---	----------------------------

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



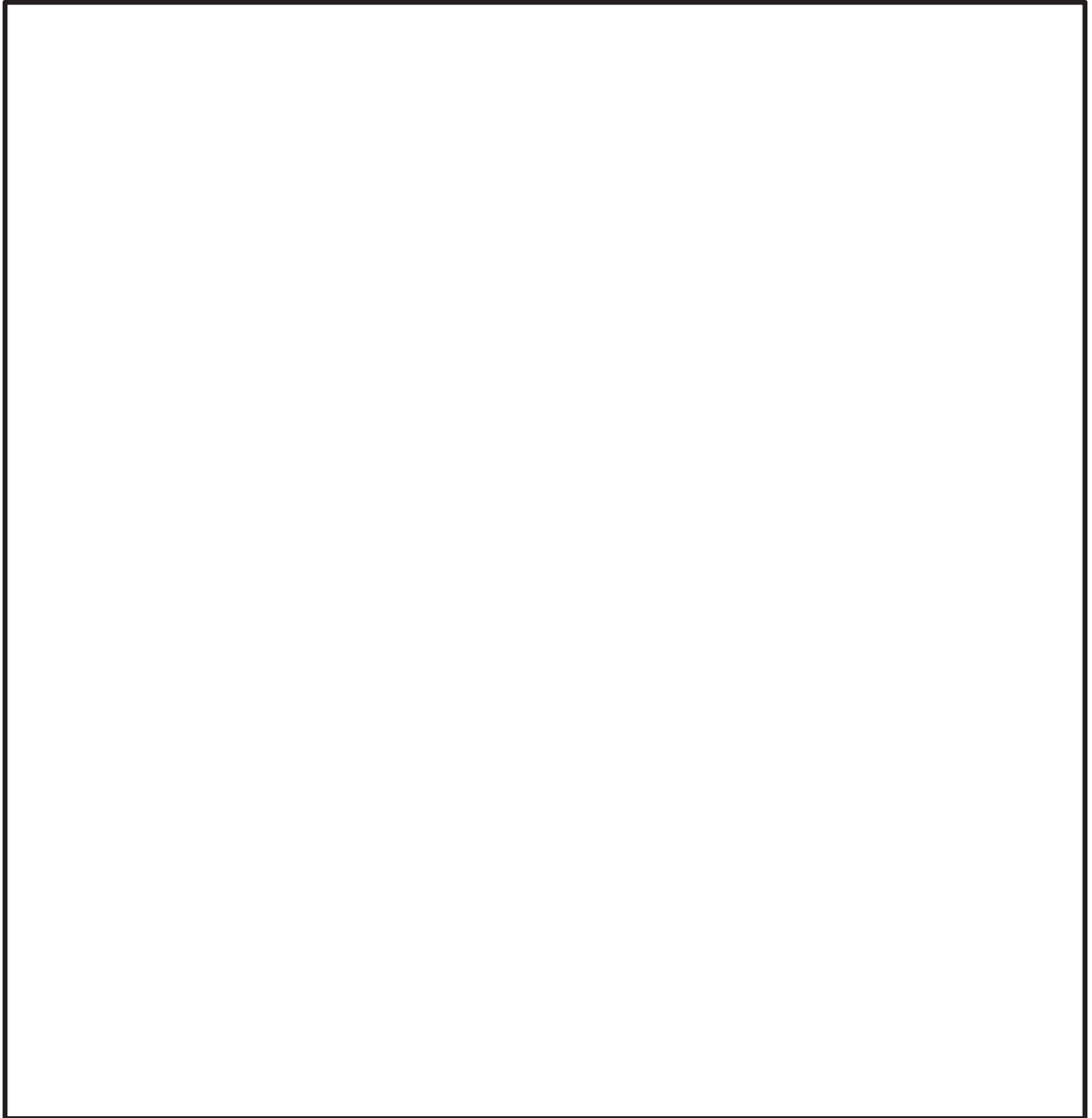
9	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)
10	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)
11	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)
12	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)

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



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

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



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

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

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

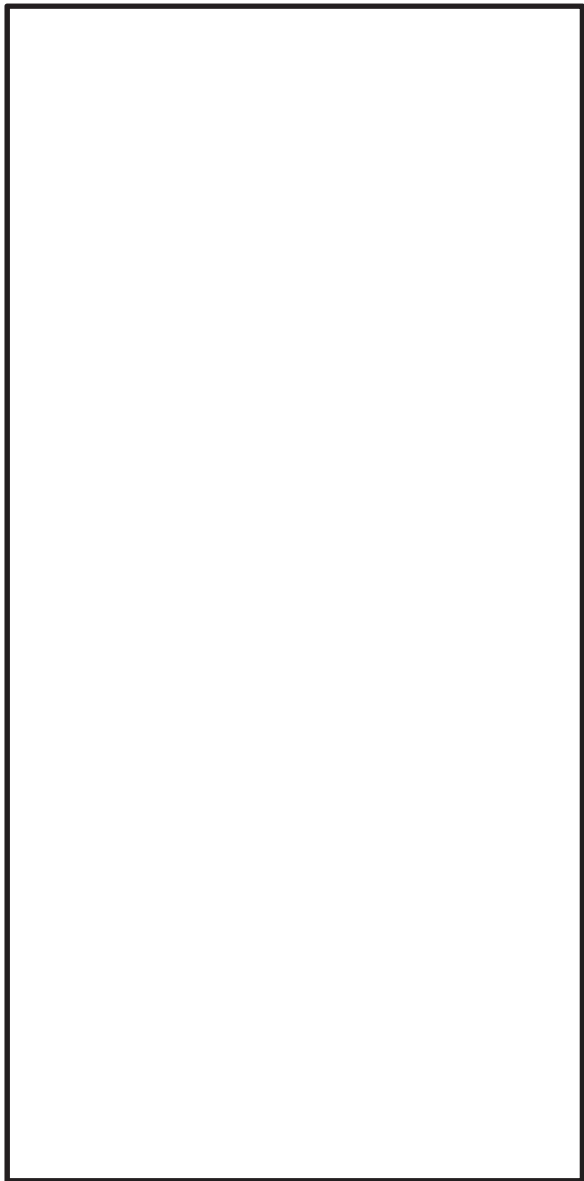
2.3 構造計画

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

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

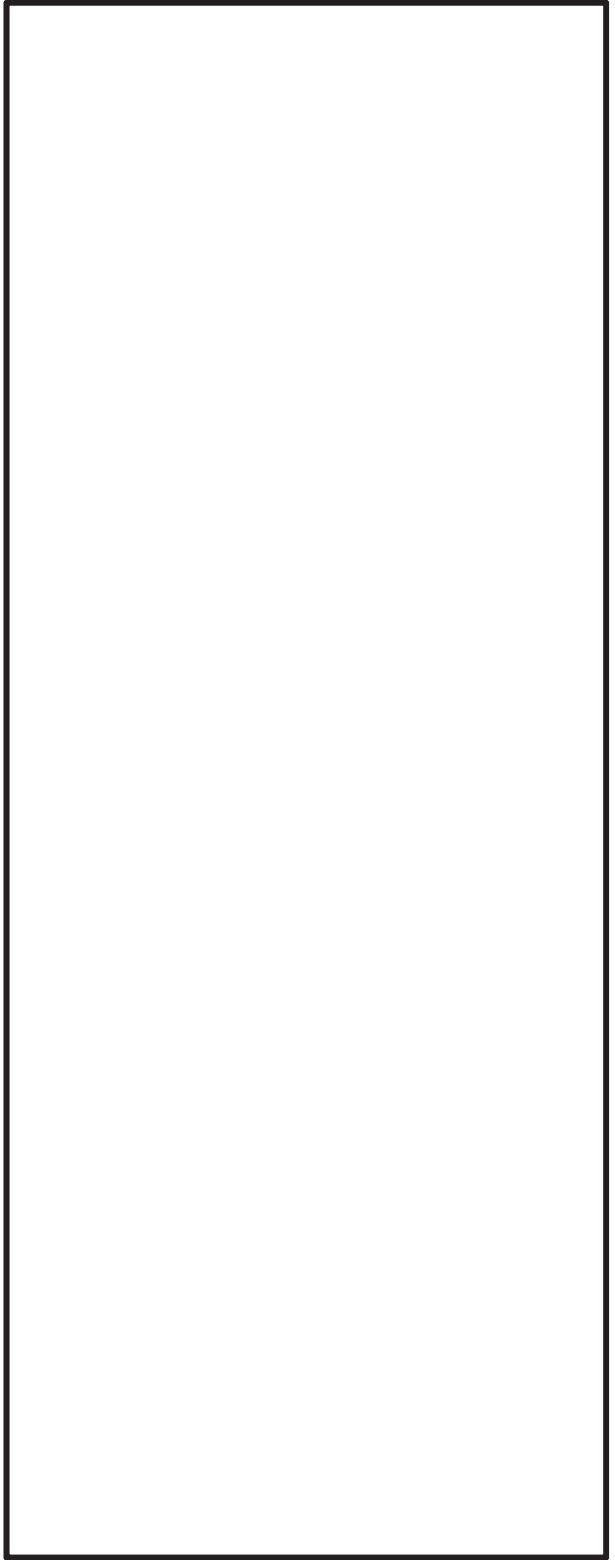
水密扉の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2 水密扉の構造計画 (1/2)

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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 2-2 水密扉の構造計画 (2/2)

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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 耐震評価

3.1 入力値

表3—1 耐震評価に必要な入力値 (1/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (2/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (3/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (4/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (5/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (6/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (7/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (8/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (9/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (10/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (11/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (12/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (13/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (14/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (15/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (16/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (17/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (18/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (19/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (20/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (21/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (22/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (23/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (24/28)

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

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (25/28)

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

注記* : No. 13 扉のうち、機器搬出入用扉を示す。

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (26/28)

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

注記* : No. 13 扉のうち、機器搬出入用扉を示す。

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (27/28)

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

注記* : No. 13 扉のうち、くぐり戸を示す。

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (28/28)

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

注記* : No. 13 扉のうち、くぐり戸を示す。

3.2 耐震評価結果

表 3—2 耐震評価結果 (1/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

表 3—2 耐震評価結果 (2/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

表 3—2 耐震評価結果 (3/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

表 3—2 耐震評価結果 (4/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

表 3—2 耐震評価結果 (5/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

表 3—2 耐震評価結果 (6/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

表 3—2 耐震評価結果 (7/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

表 3—2 耐震評価結果 (8/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

表 3—2 耐震評価結果 (9/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

表 3—2 耐震評価結果 (10/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

表 3—2 耐震評価結果 (11/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

表 3—2 耐震評価結果 (12/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

表 3—2 耐震評価結果 (13/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

*4：No. 13 扉のうち, 機器搬出入用扉を示す。

表 3—2 耐震評価結果 (14/14)

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

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

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

*4：No. 13 扉のうち, くぐり戸を示す。

4. 強度評価

4.1 入力値

表 4-1 強度評価に用いる評価条件 (1/28)

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

表 4-1 強度評価に用いる評価条件 (2/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (3/28)

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

表 4-1 強度評価に用いる評価条件 (4/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (5/28)

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

表 4-1 強度評価に用いる評価条件 (6/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (7/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (8/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (9/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (10/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (11/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				6	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	11300	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	0.72	
	w _D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.18	
	L _D	mm	扉の幅	1086.0	
	H _D	mm	扉の高さ	2101.0	
	L _{PL}	mm	扉板の短辺長さ	679.0	
	t	mm	扉板の板厚	25.0	
	β_1	—	応力係数	0.5	
芯材	W _D	kN	扉重量	14.12	
	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	116.10	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	645.0	
	L	mm	芯材の支持間距離	935.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	334000	
カンヌキ部	A _s	mm ²	芯材のせん断断面積	2016	
	共通	n ₂	本	カンヌキの本数	6
		カンヌキ	L ₅	mm	カンヌキの突出長さ
	σ		N/mm ²	曲げ応力度	101
	τ		N/mm ²	せん断応力度	11
	x		N/mm ²	組合せ応力度	103
	カンヌキ 受けピン	L _p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	110.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	89
		τ	N/mm ²	せん断応力度	13
	カンヌキ 受けボルト	n _b	本	カンヌキ受けボルトの本数	4
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	109

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (12/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (13/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				7	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	400	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.04	
	W _D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.02	
	L _D	mm	扉の幅	1459.0	
	H _D	mm	扉の高さ	2139.0	
	L _{PL}	mm	扉板の短辺長さ	550.0	
	t	mm	扉板の板厚	25.0	
	β_1	—	応力係数	0.5	
	W _D	kN	扉重量	23.05	
芯材	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	13.70	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	685.0	
	L	mm	芯材の支持間距離	1350.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	429000	
	A _s	mm ²	芯材のせん断断面積	2466	
カンヌキ部	共通	n ₂	本	カンヌキの本数	6
	カンヌキ	L ₅	mm	カンヌキの突出長さ	96.1
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	14
		τ	N/mm ²	せん断応力度	2
		x	N/mm ²	組合せ応力度	15
	カンヌキ 受けピン	L _p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	110.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	14
		τ	N/mm ²	せん断応力度	2
	カンヌキ 受けボルト	n _b	本	カンヌキ受けボルトの本数	4
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	17

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (14/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (15/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉No.	
				8	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	4000	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.34	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.10	
	L_D	mm	扉の幅	1406.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2037.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	650.0	
	t	mm	扉板の板厚	19.0	
	β_1	—	応力係数	0.7	
	W_D	kN	扉重量	13.93	
芯材	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	64.50	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	645.0	
	L	mm	芯材の支持間距離	1279.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	153000	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	1113	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	6
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	61.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	139
		τ	N/mm ²	せん断応力度	17
		x	N/mm ²	組合せ応力度	143
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	72.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	137
		τ	N/mm ²	せん断応力度	19
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	153

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (16/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (17/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (18/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (19/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉No.	
				10	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	4000	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.23	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.09	
	L_D	mm	扉の幅	1702.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2077.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	659.0	
	t	mm	扉板の板厚	19.0	
	β_1	—	応力係数	0.7	
芯材	W_D	kN	扉重量	19.71	
	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	56.70	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	630.0	
	L	mm	芯材の支持間距離	1575.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	334000	
カンヌキ部	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	2016	
	共通	n_2	本	カンヌキの本数	4
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	96.1
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	107
		τ	N/mm ²	せん断応力度	13
		x	N/mm ²	組合せ応力度	110
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	110.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	104
		τ	N/mm ²	せん断応力度	15
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	4
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	127

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (20/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (21/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				11	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	400	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.23	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.02	
	L_D	mm	扉の幅	945.0	
	H_D	mm	扉の高さ	1960.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	640.0	
	t	mm	扉板の板厚	16.0	
	β_1	—	応力係数	0.6	
芯材	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	12.45	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	622.5	
	L	mm	芯材の支持間距離	945.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	153000	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	1113	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	—
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
		x	N/mm ²	組合せ応力度	—
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (22/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (23/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (24/28)

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

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (25/28)

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

注記* : No. 13 扉のうち、機器搬出入用扉を示す。

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (26/28)

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

注記* : No. 13 扉のうち, 機器搬出入用扉を示す。

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (27/28)

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

注記* : No. 13 扉のうち、くぐり戸を示す。

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (28/28)

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

注記* : No. 13 扉のうち、くぐり戸を示す。

4.2 強度評価結果

表 4—2 強度評価結果 (1/14)

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

注記*1: 曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

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

表 4—2 強度評価結果 (2/14)

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

注記*1 : 曲げ及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2 : 曲げ、せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

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

表 4—2 強度評価結果 (3/14)

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

注記*1 : 曲げ及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2 : 曲げ、せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

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

表 4—2 強度評価結果 (4/14)

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

注記*1 : 曲げ及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2 : 曲げ、せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

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

表 4—2 強度評価結果 (5/14)

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

注記*1 : 曲げ及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2 : 曲げ、せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

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

表 4—2 強度評価結果 (6/14)

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

注記*1 : 曲げ及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2 : 曲げ、せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

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

表 4—2 強度評価結果 (7/14)

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

注記*1 : 曲げ及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2 : 曲げ、せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

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

表 4—2 強度評価結果 (8/14)

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

注記*1 : 曲げ及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2 : 曲げ、せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

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

表 4—2 強度評価結果 (9/14)

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

注記*1 : 曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

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

表 4—2 強度評価結果 (10/14)

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

注記*1 : 曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

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

表 4—2 強度評価結果 (11/14)

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

注記*1 : 曲げ及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2 : 曲げ、せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

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

表 4—2 強度評価結果 (12/14)

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

注記*1 : 曲げ及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2 : 曲げ、せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

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

表 4—2 強度評価結果 (13/14)

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

注記*1 : 曲げ及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2 : 曲げ、せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

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

*4 : No. 13 扉のうち、機器搬出入用扉を示す。

表 4—2 強度評価結果 (14/14)

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

注記*1 : 曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

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

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

*4 : No. 13 扉のうち, くぐり戸を示す。