

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0071_改1
提出年月日	2021年9月27日

VI-2-13-3 地下水位低下設備接続柵の耐震性についての計算書

2021年9月

東北電力株式会社

## 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.....	5
2.4 適用基準.....	7
3. 耐震評価.....	8
3.1 評価対象.....	8
3.2 荷重及び荷重の組合せ.....	15
3.2.1 耐震評価上考慮する状態.....	15
3.2.2 荷重.....	15
3.2.3 荷重の組合せ.....	16
3.3 解析方法.....	17
3.3.1 解析方法.....	17
3.3.2 設計用震度の算定.....	17
3.4 許容限界.....	49
3.4.1 構造部材の健全性に対する許容限界.....	49
3.4.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界.....	49
3.5 応力解析による評価方法.....	50
3.5.1 構造部材の健全性に対する評価方法.....	50
3.5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価方法.....	58
4. 耐震評価結果.....	59
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果.....	59
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果.....	63

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」で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、地下水位低下設備のうち接続柵について、地震時の構造強度を有していることを確認するものである。

接続柵に要求される機能の維持を確認するに当たっては、地震応答解析に基づく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。

## 2. 基本方針

設計用地下水位の評価においては、耐震性を含む信頼性を満足する接続柵を管路、あるいは透水層として設定している。

本図書では、管路あるいは透水層として設定する接続柵を対象に地震時における構造強度及び機能維持の確認を行う。

### 2.1 位置

地下水位低下設備のうち接続柵の設置位置を図 2-1 に示す。

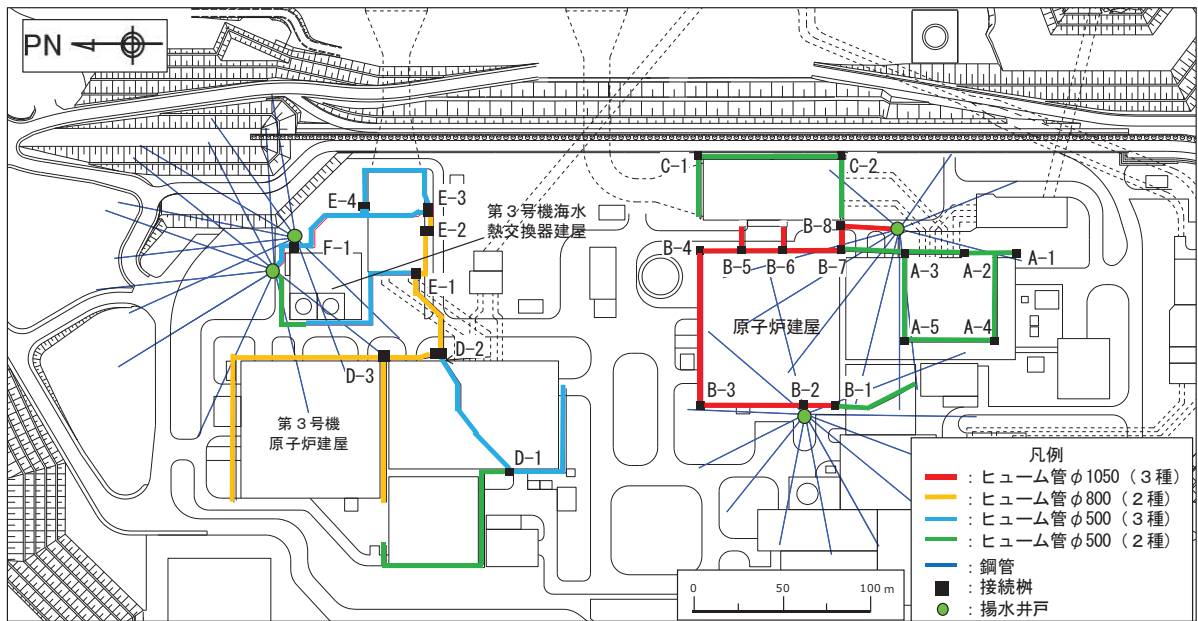
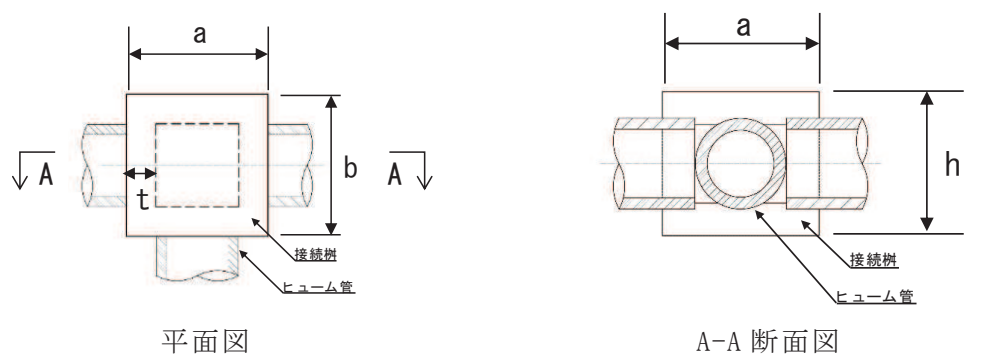


図 2-1 接続柵の設置位置

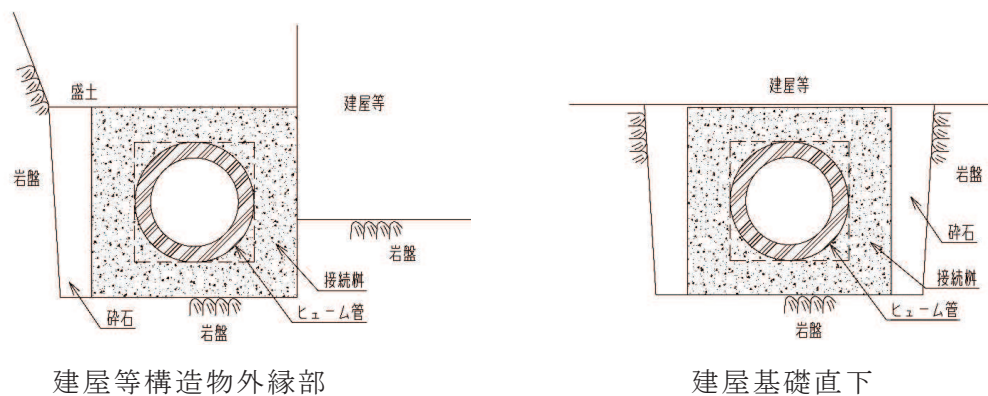
## 2.2 構造概要

接続柵は、建屋等構造物外縁部または建屋基礎直下の掘込まれた岩盤内に設置された鉄筋コンクリート造の箱型構造物であり、複数のヒューム管が接続されている。接続柵は既設を活用することとし、揚水井戸と既設ヒューム管との接続部等において、一部新設する。

接続柵の上部には盛土もしくは構造物基礎が存在している。接続柵の構造概要を図 2-2，各接続柵の諸元を表 2-1 に示す。



(1) 構造概要



(2) 設置状況

図 2-2 接続柵構造概要

表 2-1 接続柵諸元

No.	位置	外寸 (m) *1			部材厚 (m)	土被り厚 (m)	設置状況
		a	b	h	t	L	
A-1	タービン建屋周辺	1.30	1.30	1.30	0.30	16.42	建屋等 構造物外縁部
A-2		1.30	1.60	1.60	0.30	25.85	
A-3		1.30	1.85	1.30	0.30	27.36	
A-4		1.30	1.90	1.30	0.30	—	建屋基礎直下
A-5		1.55	1.90	1.52	0.30		
B-1	原子炉建屋周辺	2.40	2.40	3.30	0.50	26.70	建屋等 構造物外縁部
B-2*2		2.40	2.40	2.20	0.50	27.82	
B-3		2.40	2.40	2.20	0.50	27.88	
B-4		2.40	2.40	2.20	0.50	27.96	
B-5		2.40	2.40	2.20	0.50	27.98	
B-6		2.40	2.40	2.20	0.50	27.98	
B-7		2.40	2.40	2.20	0.50	27.95	
B-8*2		2.40	2.40	2.20	0.50	27.96	
C-1	海水ポンプ室周辺	1.50	1.50	1.50	0.40	28.20	
C-2		1.50	1.50	1.50	0.40	28.20	
D-1	第3号機タービン 建屋周辺	1.30	1.85	1.30	0.30	29.88	
D-2		3.80	6.20	5.90	1.00	32.55	
D-3		2.40	2.40	2.20	0.50	28.56	
E-1	第3号機海水 ポンプ室周辺	2.40	2.40	2.20	0.50	28.80	
E-2*2		3.50	4.60	5.80	1.00	26.10	
E-3*2		3.50	4.50	5.00	1.00	28.25	
E-4*2		3.60	4.50	5.10	1.00	27.92	
F-1*2	第3号機海水熱交 換器建屋周辺	1.50	1.50	1.50	0.40	30.63	

注記\*1：外寸の記載のうち、aは短辺、bは長辺を示す。

\*2：新設する接続柵。

### 2.3 評価方針

地下水位低下設備の機能は、施設の設計の前提が確保されるよう、地下水位を一定の範囲に保持することであり、ドレーンを接続する接続柵は地下水の集水機能を維持する必要がある。接続柵を含む地下水位低下設備はCクラスに分類されるが、その機能を維持するため、基準地震動  $S_s$  に対して耐震性を確保する設計としている。なお、接続柵とドレーンの接続部については、ドレーンが有孔管であることから、水密性の観点からの要求はない。

接続柵の耐震評価は地震応答解析に基づき実施し、表 2-2 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行う。

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」に基づき、発生する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」に基づき、発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認する。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認する。

表2-2 接続柵の評価項目

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	接続柵 (頂版 側壁 底版)	発生する応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	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する。

接続桧の評価フローを図2-3に示す。

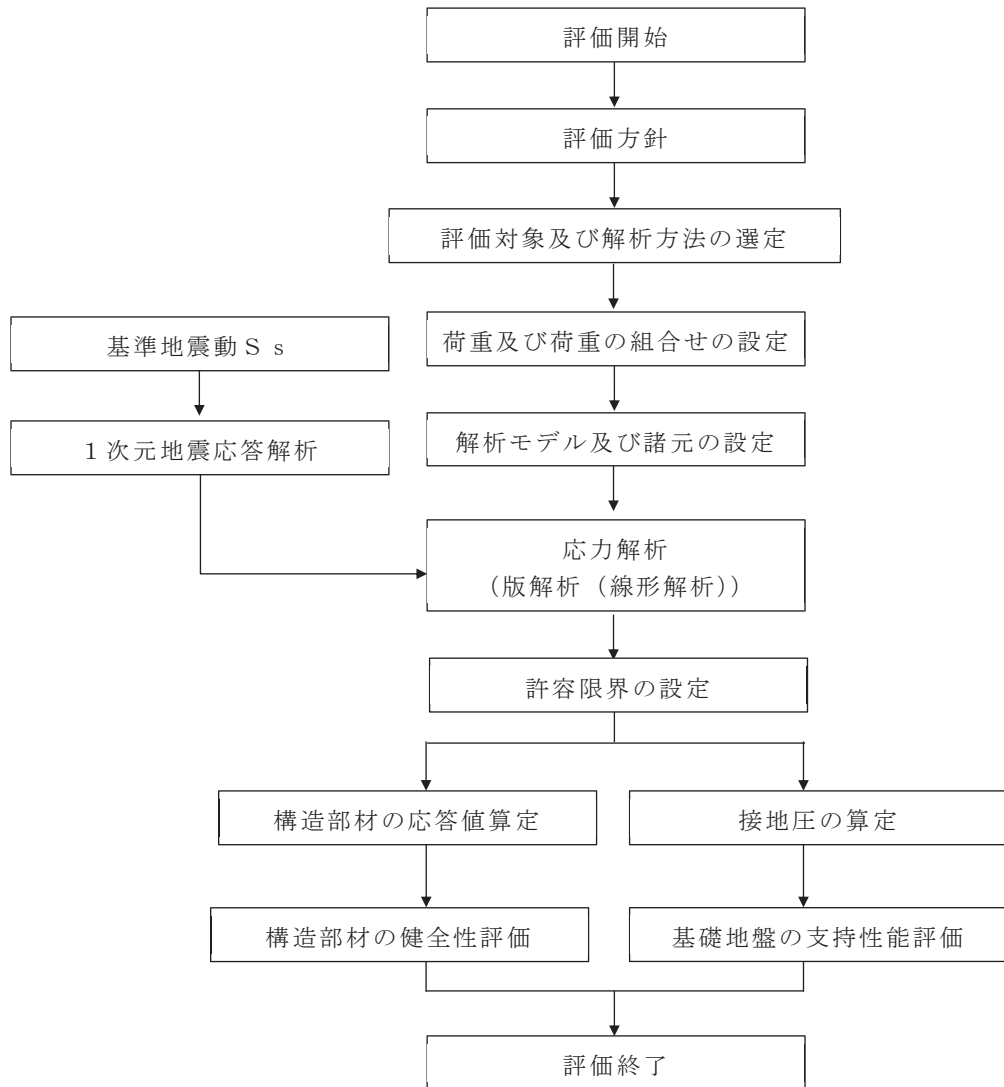


図 2-3 接続桧の耐震評価フロー



## 2.4 適用基準

接続桝の評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会，1991年）
- コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年）（以下，「コンクリート標準示方書」という。）
- 道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）

### 3. 耐震評価

#### 3.1 評価対象

接続桝は、躯体が掘込まれた岩盤内に設置され、地震時には鉛直土圧が主たる荷重として作用すると考えられる。接続桝ごとに構造，設置状況，地震応答が異なることを踏まえ，各号機ごとに同一寸法，又は相似・包含関係にあるものをグループ化し，各グループの接続桝のうち，土被り厚が最大となるものを評価対象として選定した。

なお，タービン建屋基礎直下の岩盤を掘込んで設置した接続桝が存在するが，各建屋構造物外縁部に設置した接続桝と比べ，作用する鉛直荷重が十分に小さいため，評価対象外とする。

以上を踏まえ，評価対象として接続桝①～⑨を選定した。

評価対象とする接続桝の位置を図 3-1 に，構造概要を表 3-1 及び図 3-2 に示す。また，接続桝設置位置の地質状況を図 3-3 に示す。

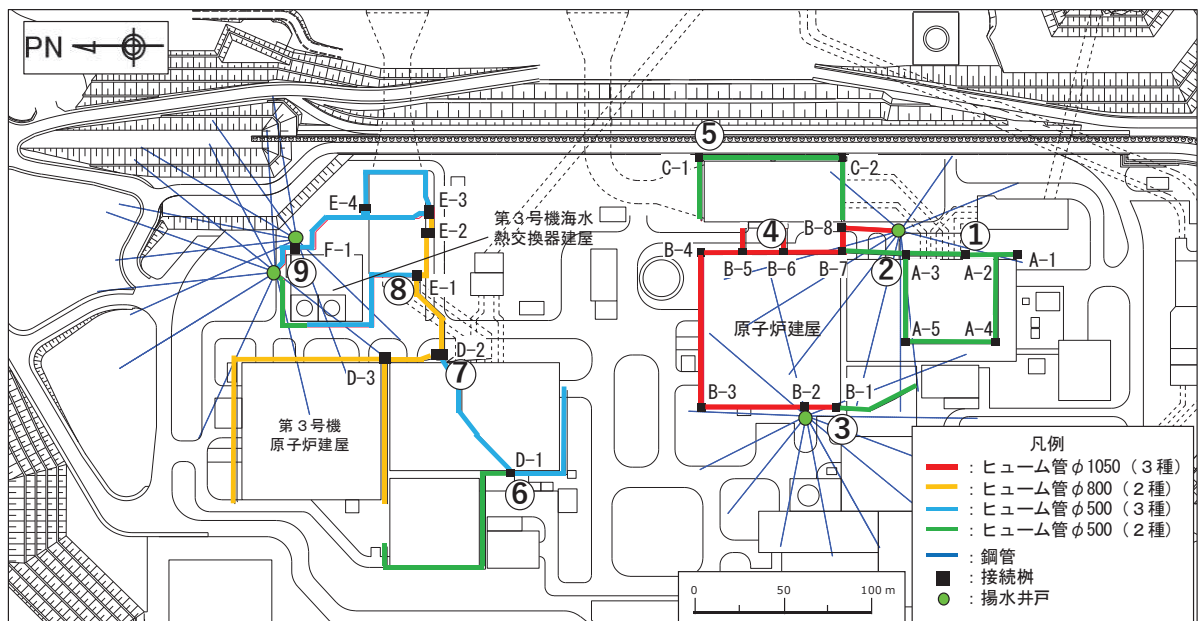
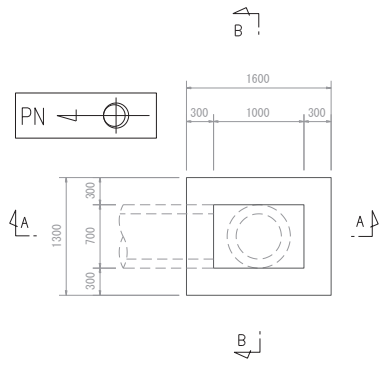


図 3-1 評価対象接続桝位置

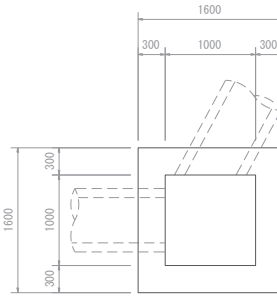
表 3-1 評価対象とする接続桧

号機	評価対象 接続桧	位置	No.	外寸 (m) *			部材厚 (m)	土被り厚 (m)
				a	b	h		
第 2 号機	①	タービン建屋周辺	A-2	1.30	1.60	1.60	0.30	25.85
	②	タービン建屋周辺	A-3	1.30	1.85	1.30	0.30	27.36
	③	原子炉建屋周辺	B-1	2.40	2.40	3.30	0.50	26.70
	④	原子炉建屋周辺	B-6	2.40	2.40	2.20	0.50	27.98
	⑤	海水ポンプ室周辺	C-1	1.50	1.50	1.50	0.40	28.20
第 3 号機	⑥	第 3 号機 タービン建屋周辺	D-1	1.30	1.85	1.30	0.30	29.88
	⑦	第 3 号機 タービン建屋周辺	D-2	3.80	6.20	5.90	1.00	32.55
	⑧	第 3 号機 海水ポンプ室周辺	E-1	2.40	2.40	2.20	0.50	28.80
	⑨	第 3 号機 海水熱交換器建屋周辺	F-1	1.50	1.50	1.50	0.40	30.63

注記\* : 外寸の記載のうち, a は短辺, b は長辺を示す。

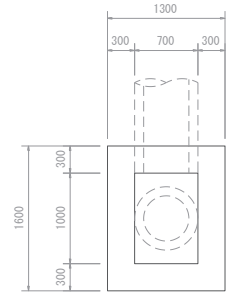


平面図

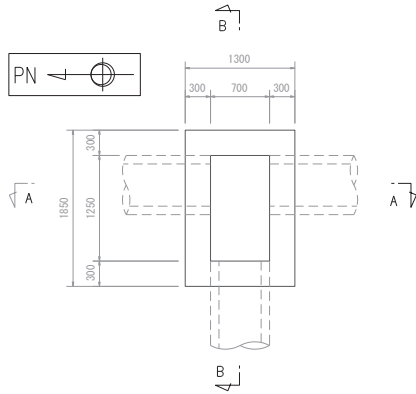


A - A 断面図

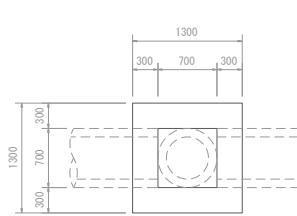
(接続柵① : A-2)



B - B 断面図

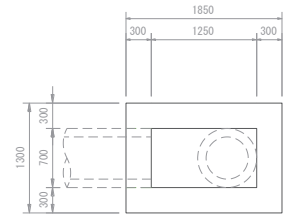


平面図

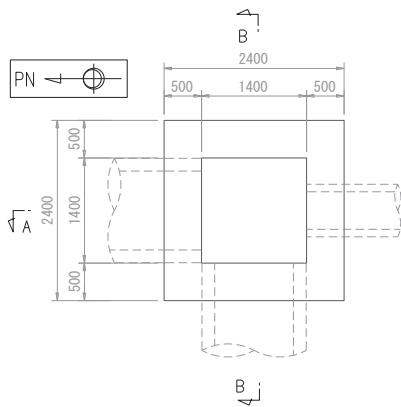


A - A 断面図

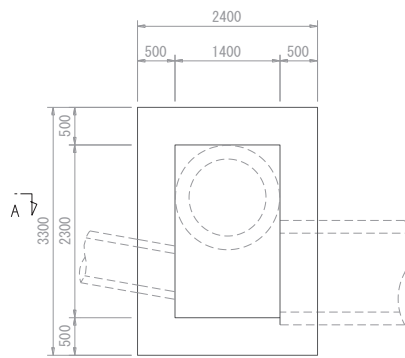
(接続柵② : A-3)



B - B 断面図

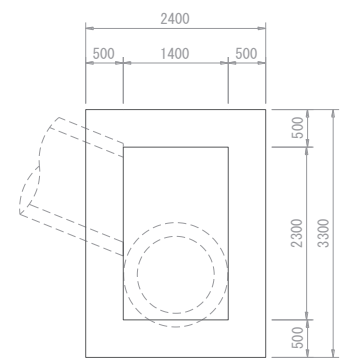


平面図



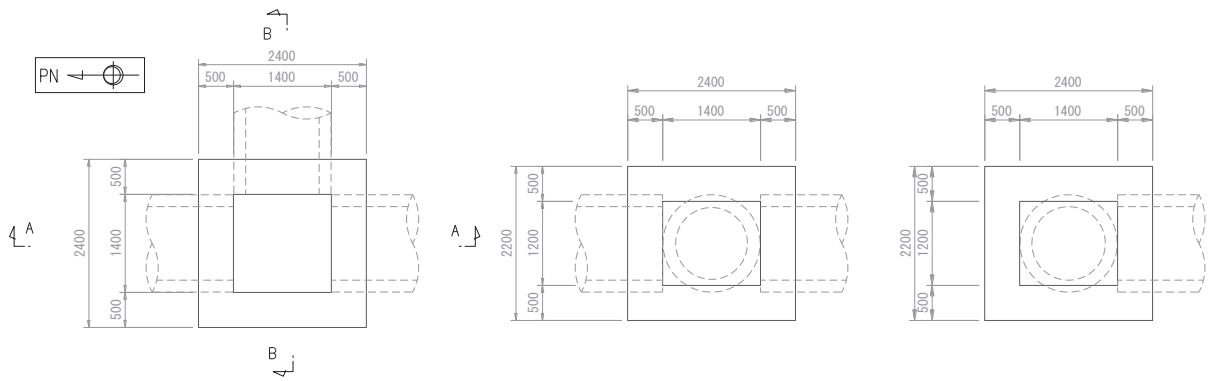
A - A 断面図

(接続柵③ : B-1)



B - B 断面図

図 3-2(1) 接続柵構造概要図 (単位 : mm)

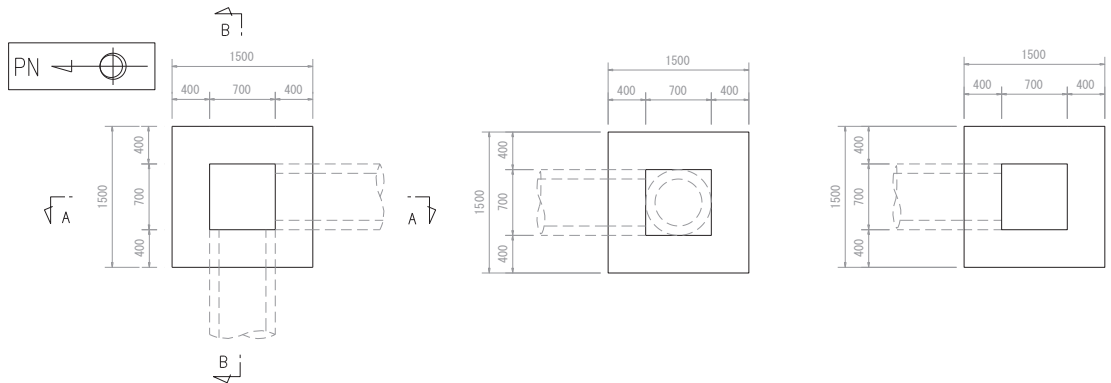


平面図

A - A 断面図

B - B 断面図

(接続柵④ : B-6)

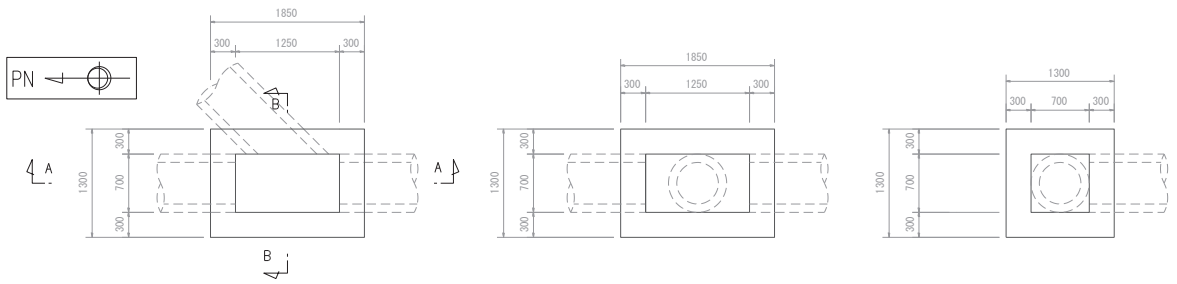


平面図

A - A 断面図

B - B 断面図

(接続柵⑤ : C-1)



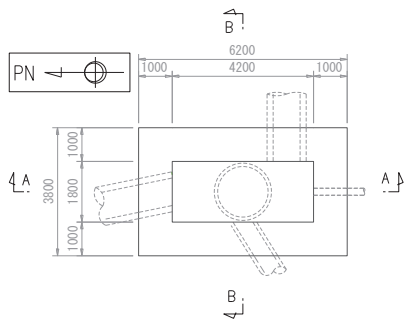
平面図

A - A 断面図

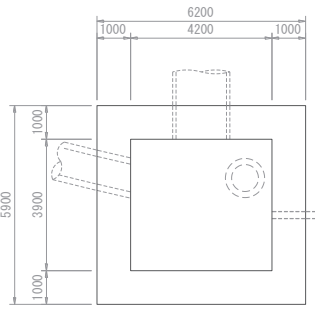
B - B 断面図

(接続柵⑥ : D-1)

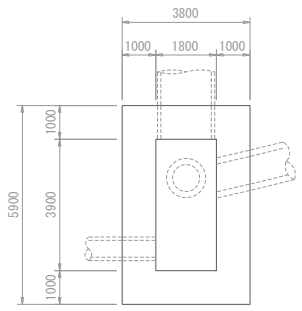
图 3-2(2) 接続柵構造概要図 (单位 : mm)



平面图

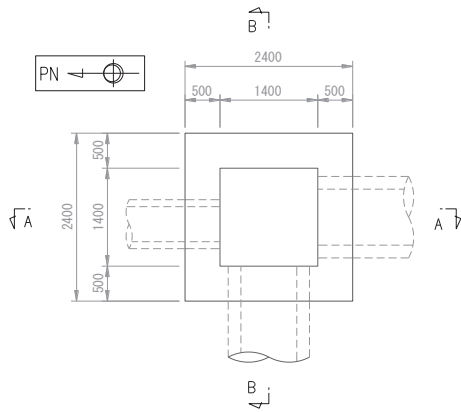


A - A 断面图

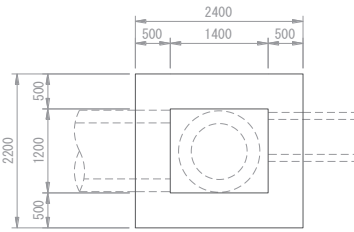


B - B 断面图

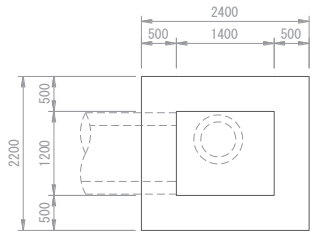
(接続柵⑦ : D-2)



平面图

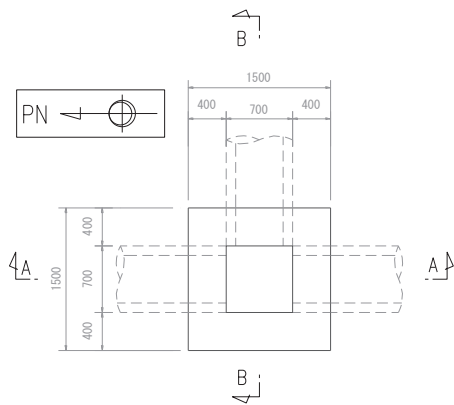


A - A 断面图

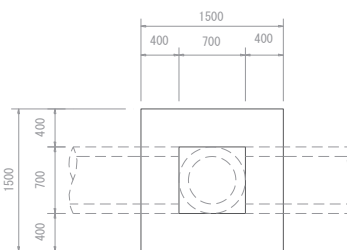


B - B 断面图

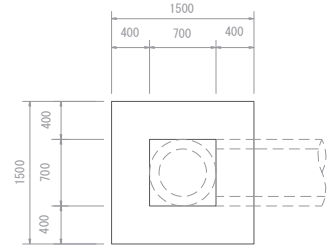
(接続柵⑧ : E-1)



平面图



A - A 断面图



B - B 断面图

(接続柵⑨ : F-1)

图 3-2(3) 接続柵構造概要図 (单位 : mm)

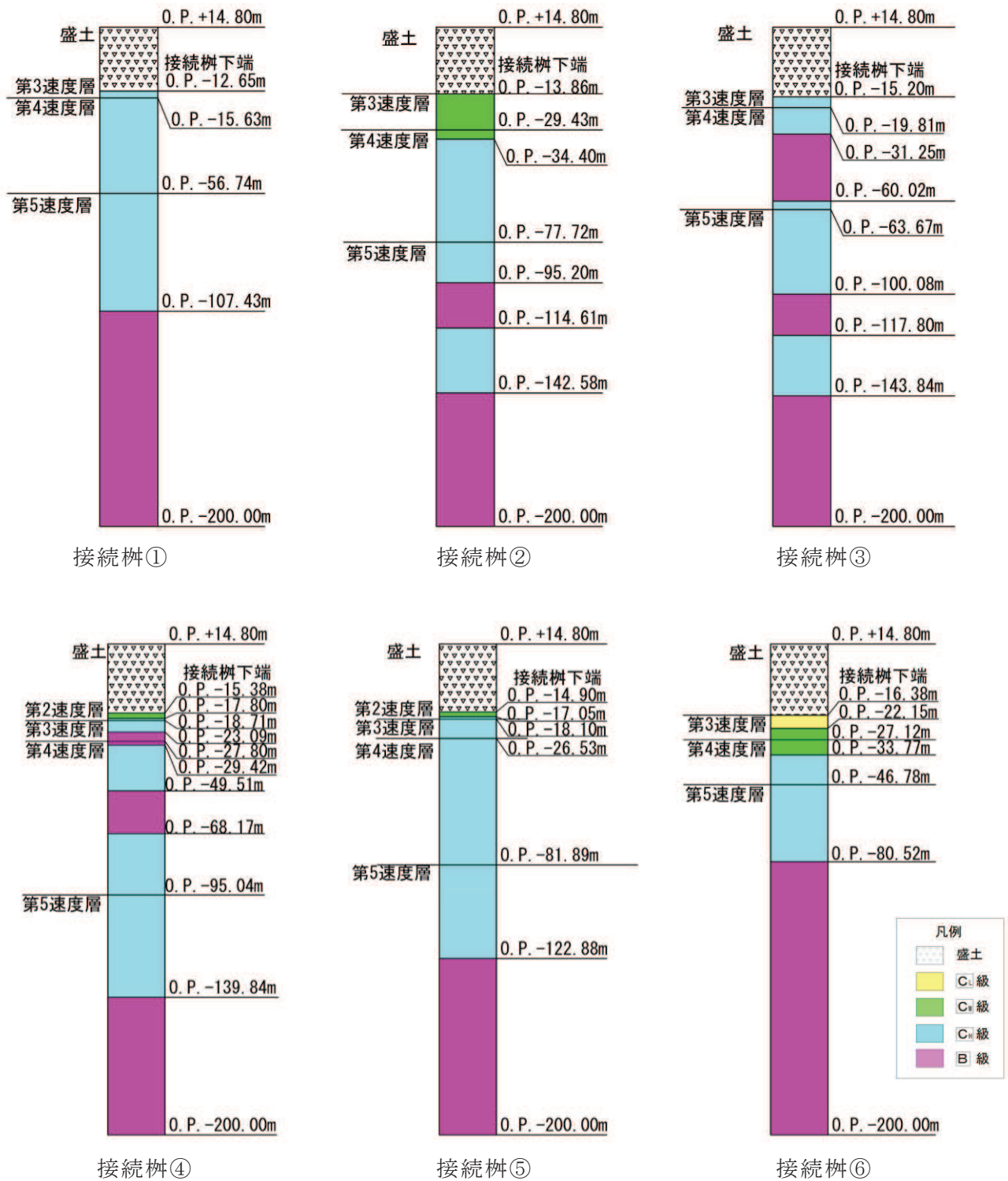


図 3-3(1) 接続樹周辺の地質状況 (接続樹①～⑥)

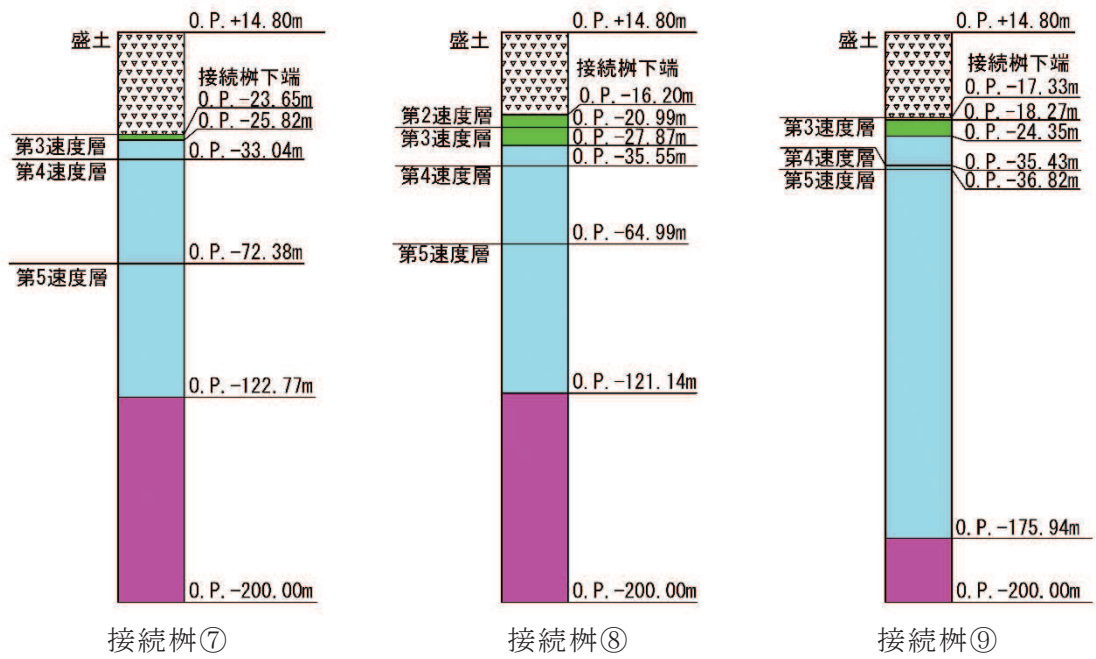


図 3-3(2) 接続樹周辺の地質状況 (接続樹⑦～⑨)



### 3.2 荷重及び荷重の組合せ

耐震評価に用いる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。

#### 3.2.1 耐震評価上考慮する状態

耐震評価において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

##### (1) 運転時の状態

発電用原子炉が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、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

積雪の影響を考慮する。なお、埋設構造物であるため風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。

#### 3.2.2 荷重

接続柵に作用する荷重は、接続柵が建屋等構造物外縁部の掘込まれた岩盤内に設置されていることを踏まえ、以下のとおり設定する。

##### (1) 固定荷重(G)

固定荷重として、躯体自重と上載土による鉛直土圧、水平土圧を考慮する。常時の水平土圧は、鉛直土圧に静止土圧係数 0.50 を乗じて算定する。

##### (2) 積載荷重(P)

積載荷重として積雪荷重を含めて地表面に  $4.9\text{kN/m}^2$  を考慮する。

##### (3) 積雪荷重(P<sub>s</sub>)

積雪荷重については、発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を設定する。また、建築基準法施行令第 86 条第 2 項により、積雪量 1cm ごとに  $20\text{N/m}^2$  の積雪荷重が作用することを考慮する。

##### (4) 地震荷重(S<sub>s</sub>)

基準地震動 S<sub>s</sub> による荷重を考慮する。

一次元応答解析により設計用震度を算出し、土圧増分のうち、鉛直増分土圧は、設計用鉛直震度を常時鉛直土圧に乘じ、水平増分土圧は鉛直増分土圧に側圧係数  $k_0 = \nu_d / (1 - \nu_d)$  を乗じて算定する。接続柵周辺は碎石で埋め戻されているが、 $\nu_d$  は保守的に盛土の動ポアソン比 0.48 を用いる。

躯体慣性力については、設計用震度を躯体自重に乘じて求める。

### 3.2.3 荷重の組合せ

耐震評価における荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 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 (積雪荷重  $P_s$  を含めて  $4.9\text{kN/m}^2$  を地表面に考慮)

$S_s$  : 地震荷重

### 3.3 解析方法

接続柵の耐震評価は、頂版、底版及び側壁の照査を実施し、照査用応答値が「3.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

#### 3.3.1 解析方法

接続柵の耐震評価は1次元地震応答解析から求めた鉛直震度及び動ポアソン比を用い、地震時増分土圧等を算定した上で、接続柵の頂版、底版及び側壁に作用させた版解析を実施する。

#### 3.3.2 設計用震度の算定

##### (1) 地盤物性のばらつき

地盤物性は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従って設定する。

また、地震応答解析においては地盤物性のばらつきを考慮する。地盤物性のばらつき考慮ケースを表 3-3 に示す。

表 3-3 解析ケース

解析ケース	地盤物性
	盛土 ( $G_0$ : 初期せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値
ケース②	平均値 + 1 $\sigma$
ケース③	平均値 - 1 $\sigma$

##### (2) 地震応答解析の解析ケースの選定

耐震評価においては全ての基準地震動  $S_s$  に対し、解析ケース①を実施し、解析ケース①において照査値が最も厳しい地震動を対象に、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 3-4 に示す。

表 3-4 接続桝の耐震安全性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 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース
地盤物性		平均値	平均値 + 1 $\sigma$	平均値 - 1 $\sigma$
地震動	S <sub>s</sub> -D 1	○	基準地震動 S <sub>s</sub> (7波) を用いて実施するケース① (基本ケース) において、照査値が最も厳しい地震動を用いてケース②, ③を実施する。	
	S <sub>s</sub> -D 2	○		
	S <sub>s</sub> -D 3	○		
	S <sub>s</sub> -F 1	○		
	S <sub>s</sub> -F 2	○		
	S <sub>s</sub> -F 3	○		
	S <sub>s</sub> -N 1	○		

(3) 地下水位

地下水位を接続桝の中心高さに設定する。

(4) 地震応答解析

入力地震動は、基準地震動 S<sub>s</sub> を用いて、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. 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を踏まえて算定する。設計用震度は、入力地震動を地震応答解析モデルに入力して得られる評価用地震動から算定する。

地震応答解析の概念図を図 3-4 に、第 2 号機側 (接続桝①～⑤)、3 号機側 (接続桝⑥～⑨) の地震応答解析時に用いる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 3-5 に示す。

接続桝は岩盤を掘込み設置しており、地下水位が岩盤内にあるため液状化の影響が軽微であると考えられることから、液状化検討対象施設には該当せず、解析手法は全応力解析とする。

解析コードには、入力地震動算定に「SHAKE Ver1.6」を使用し、地震応答解析による設計震度算定には「TDAPⅢ Ver3.11」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。

地下構造モデル

地震応答解析モデル  
(構造物位置地盤モデル)

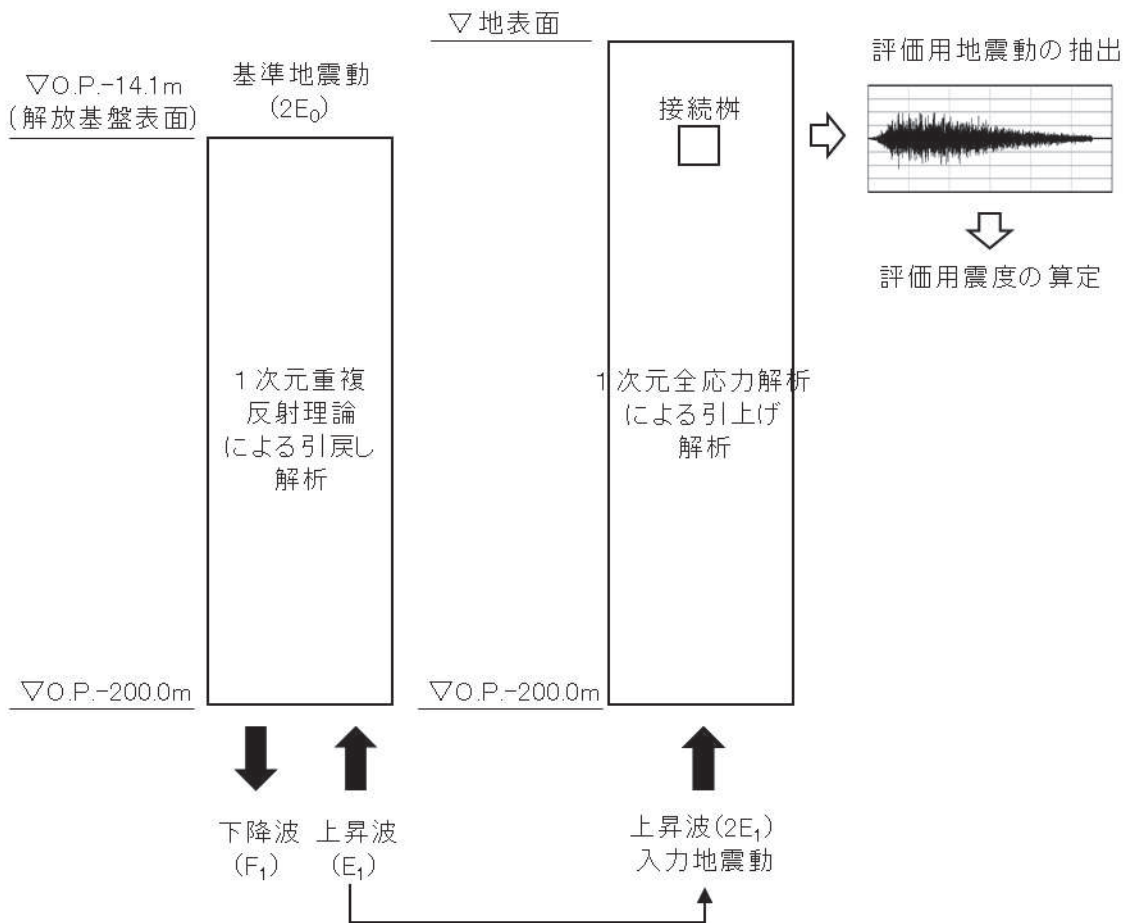
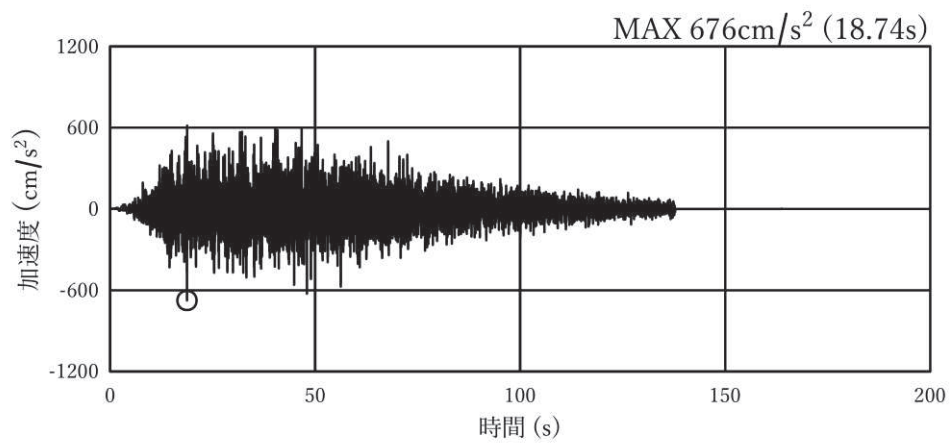
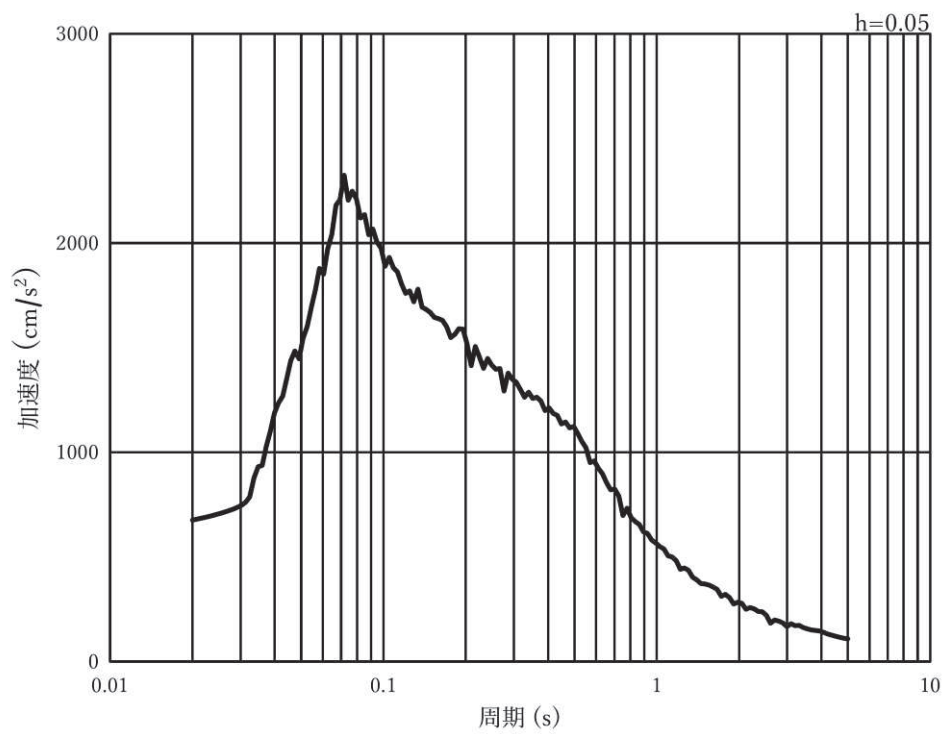


図 3-4 地震応答解析の概念図

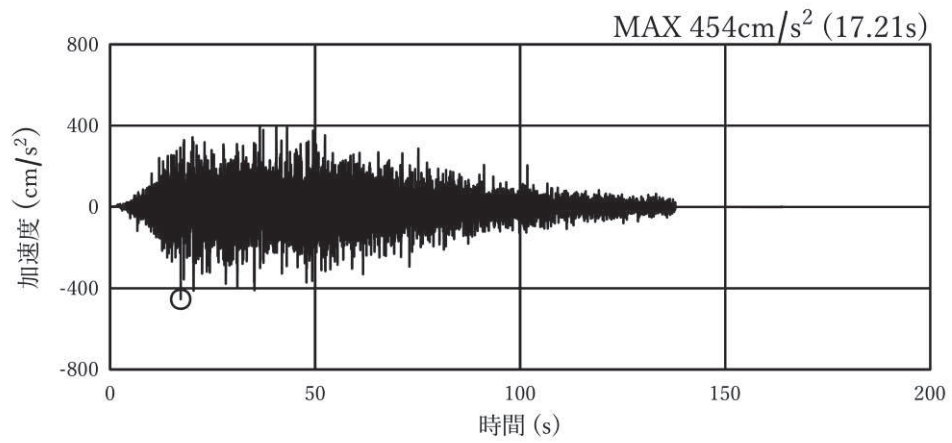


(a) 加速度時刻歴波形

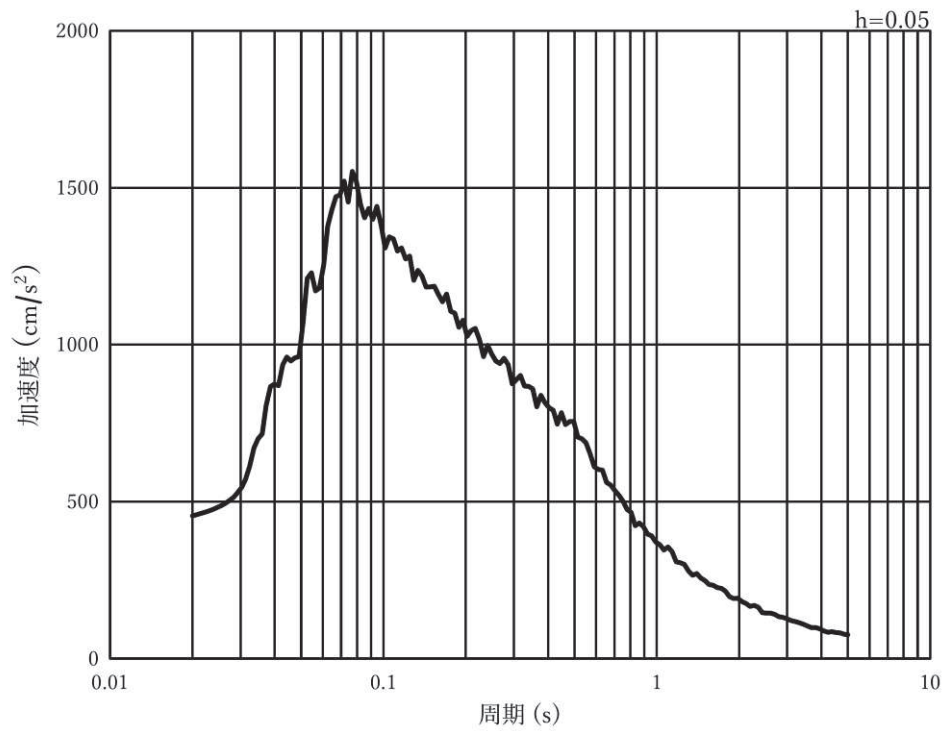


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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), 第 2 号機側

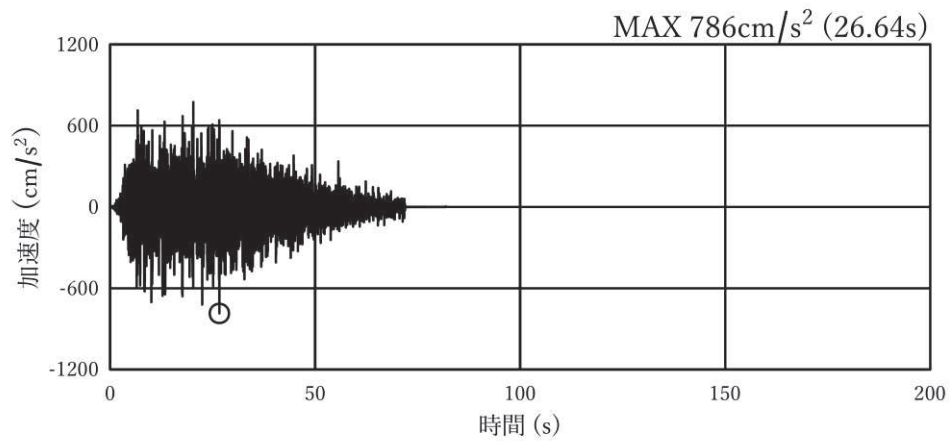


(a) 加速度時刻歴波形

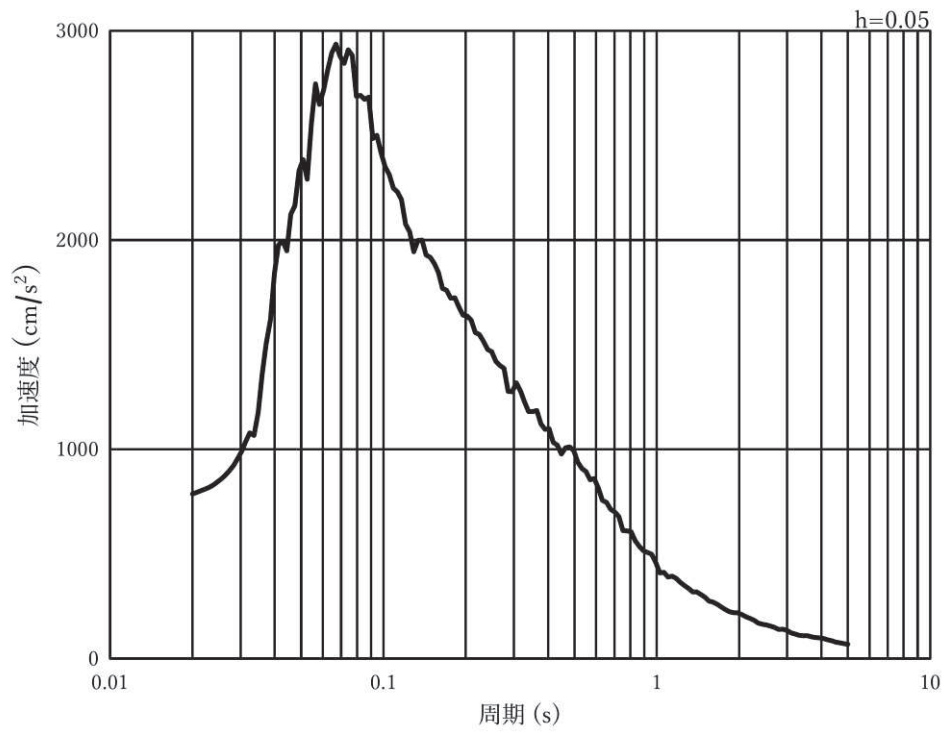


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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)，第 2 号機側



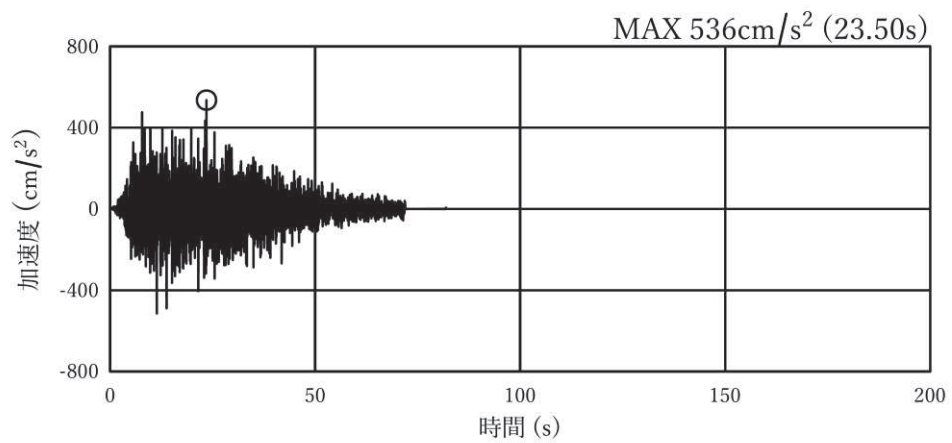
(a) 加速度時刻歴波形



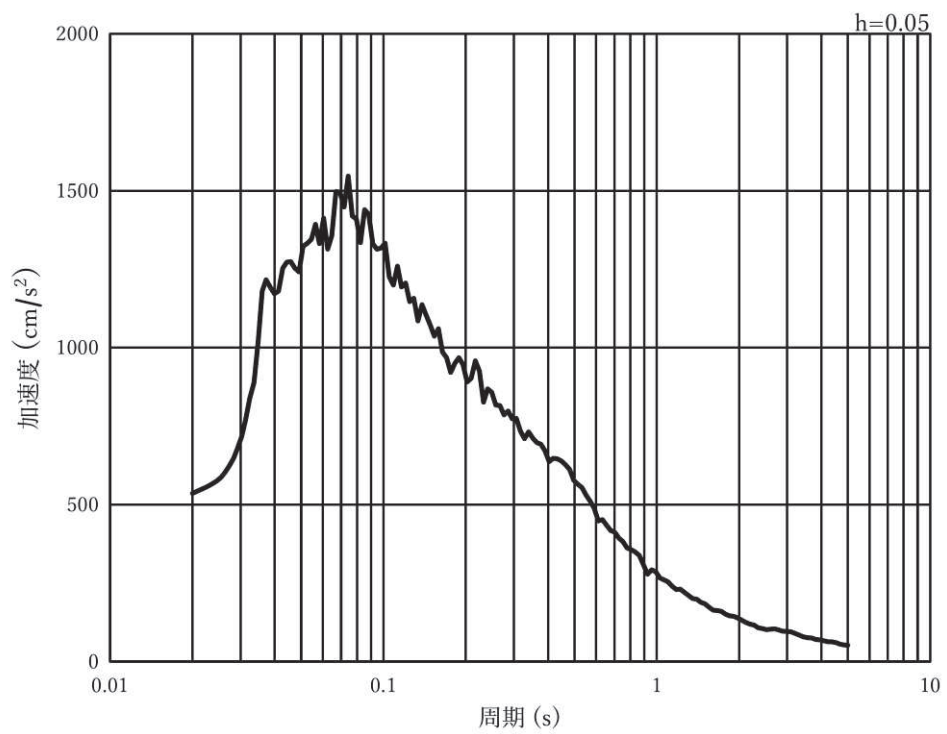
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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), 第 2 号機側



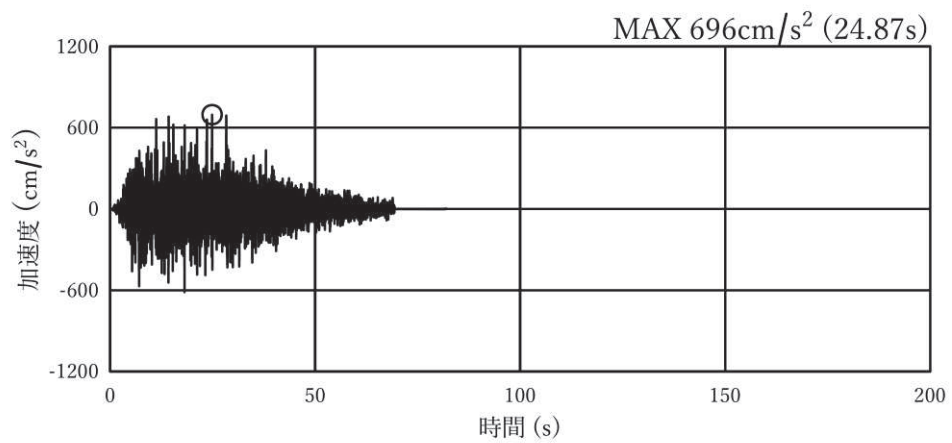


(a) 加速度時刻歴波形

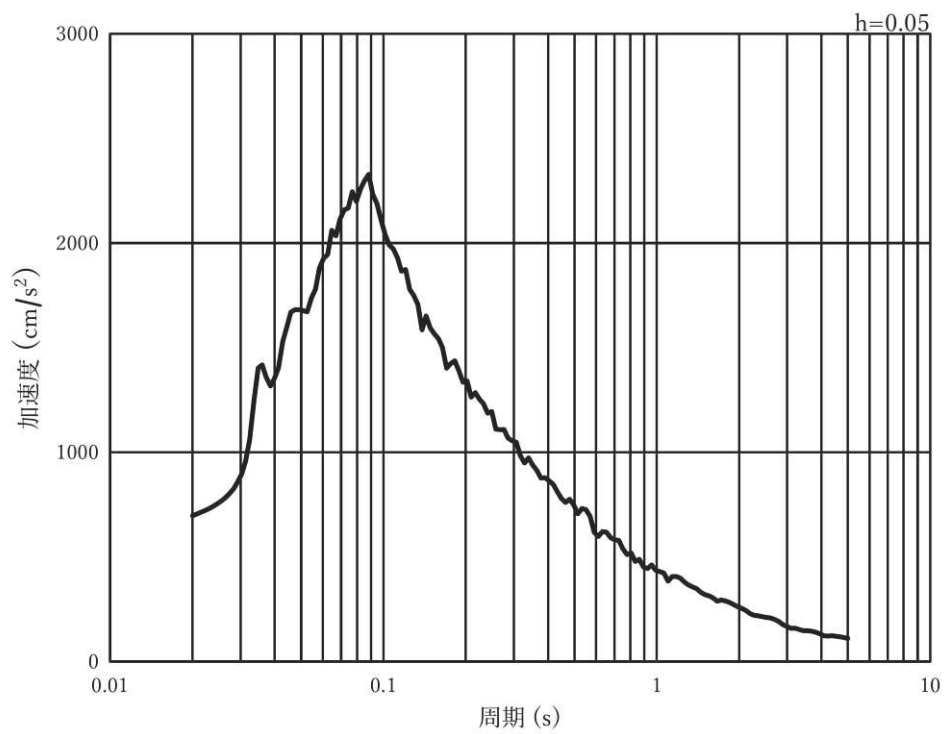


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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)，第 2 号機側

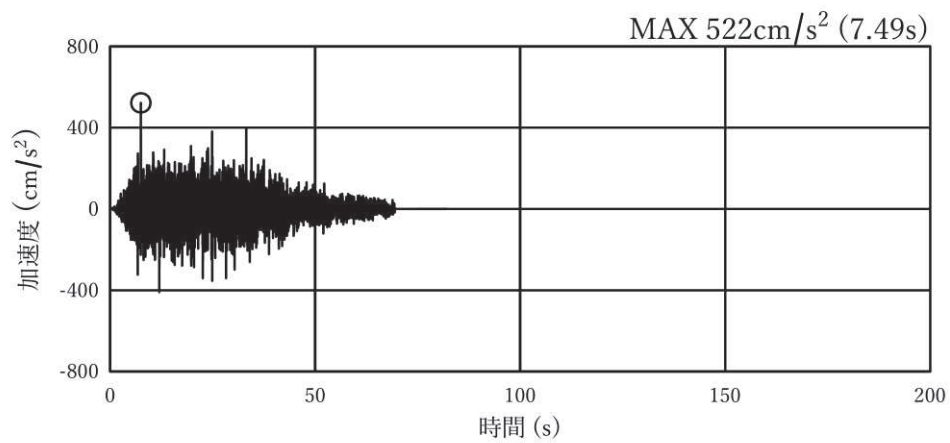


(a) 加速度時刻歴波形

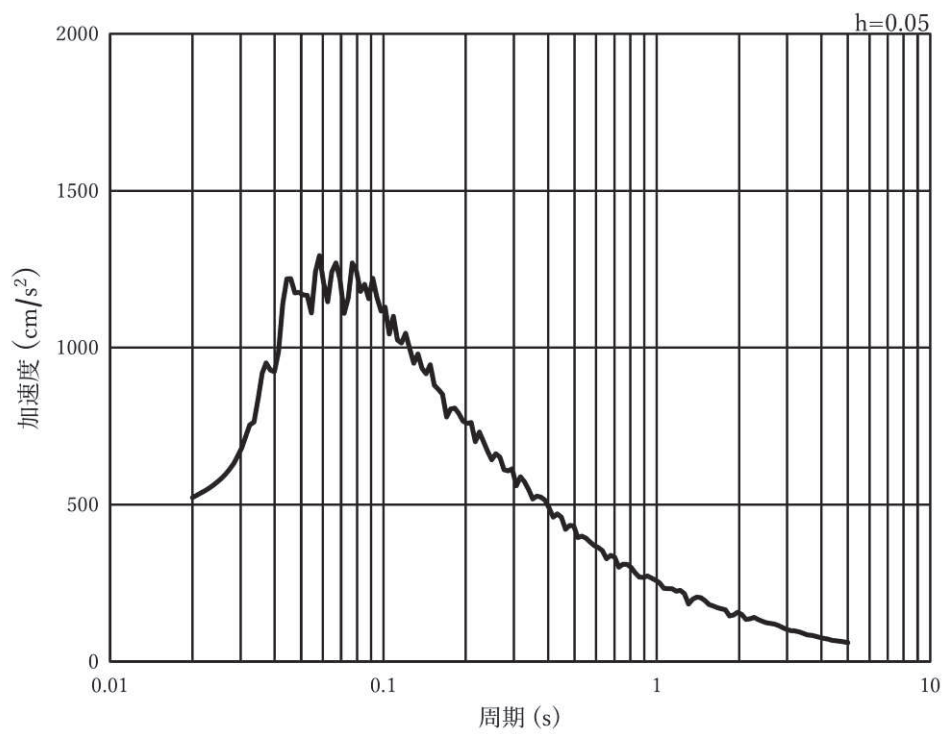


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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), 第 2 号機側

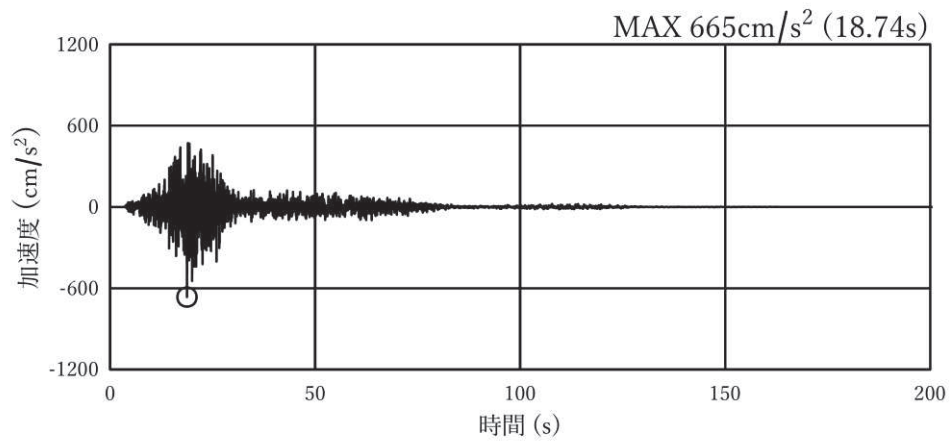


(a) 加速度時刻歴波形

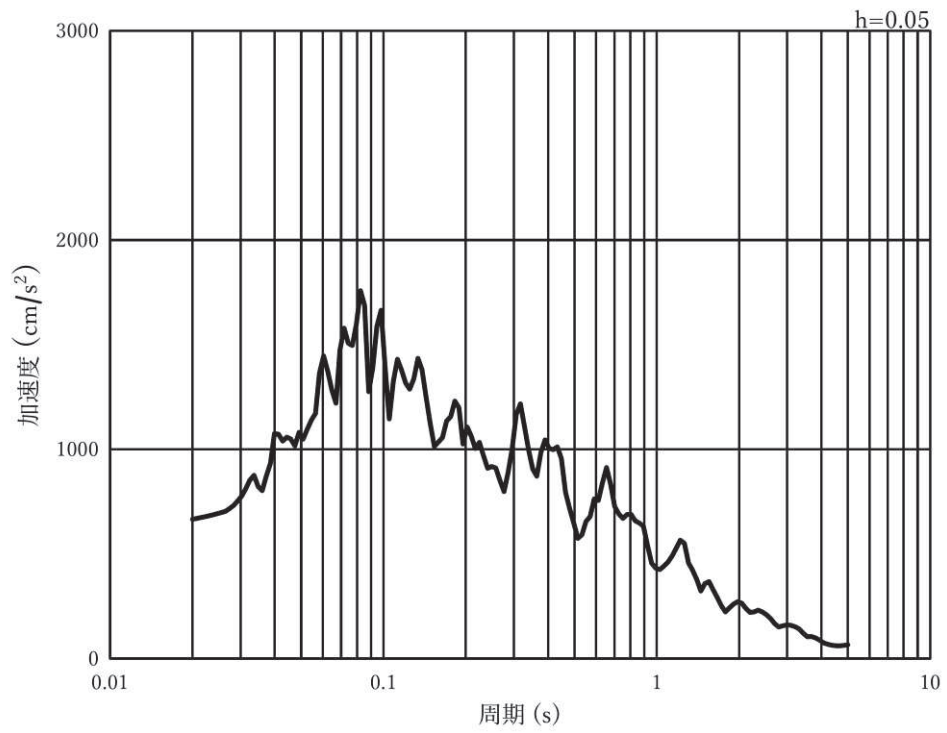


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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)，第 2 号機側

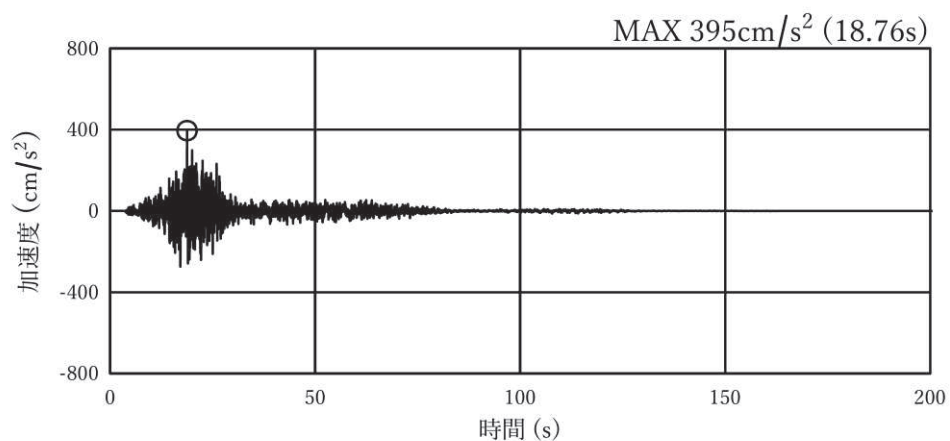


(a) 加速度時刻歴波形

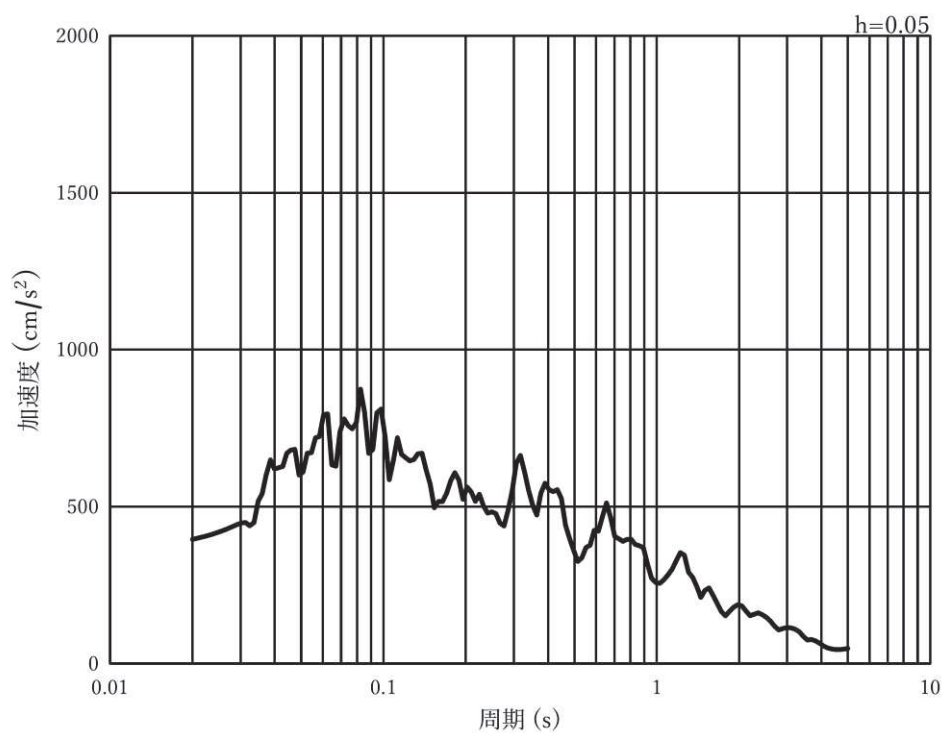


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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)，第 2 号機側

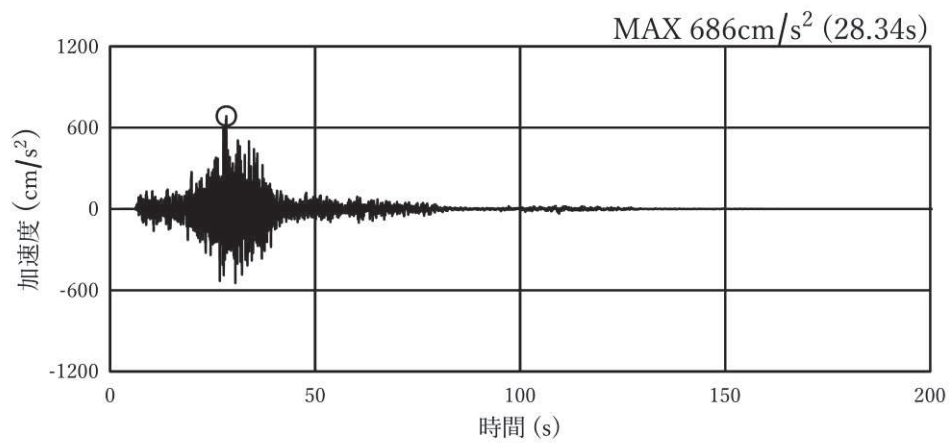


(a) 加速度時刻歴波形

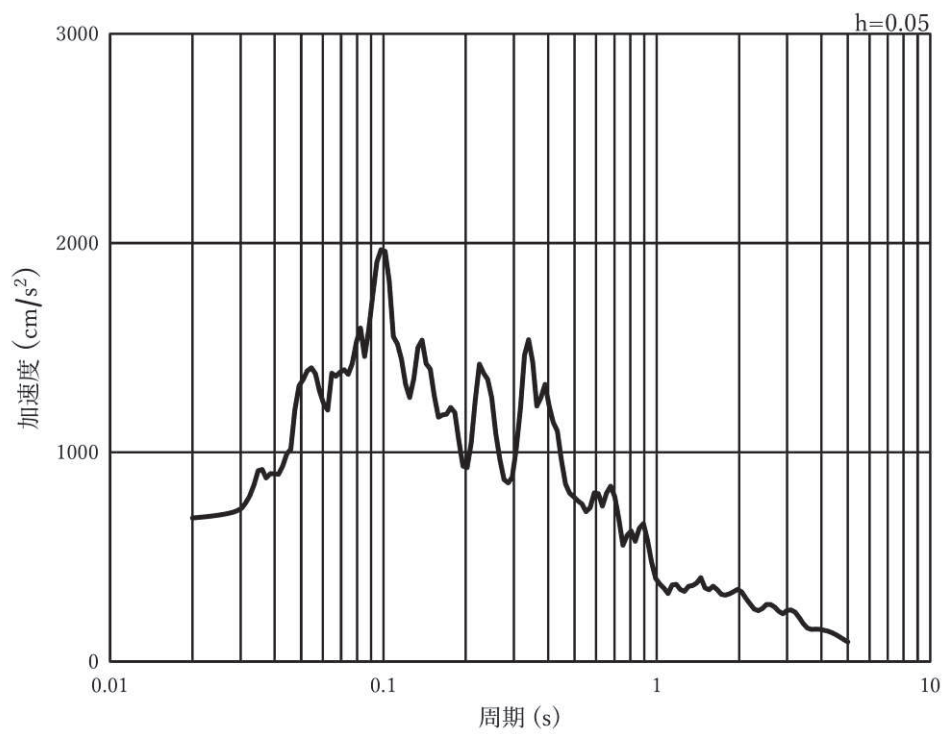


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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)，第 2 号機側

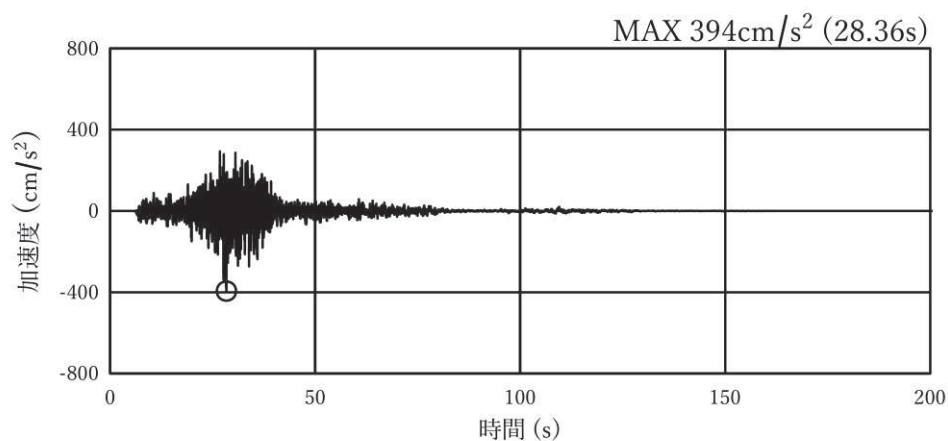


(a) 加速度時刻歴波形

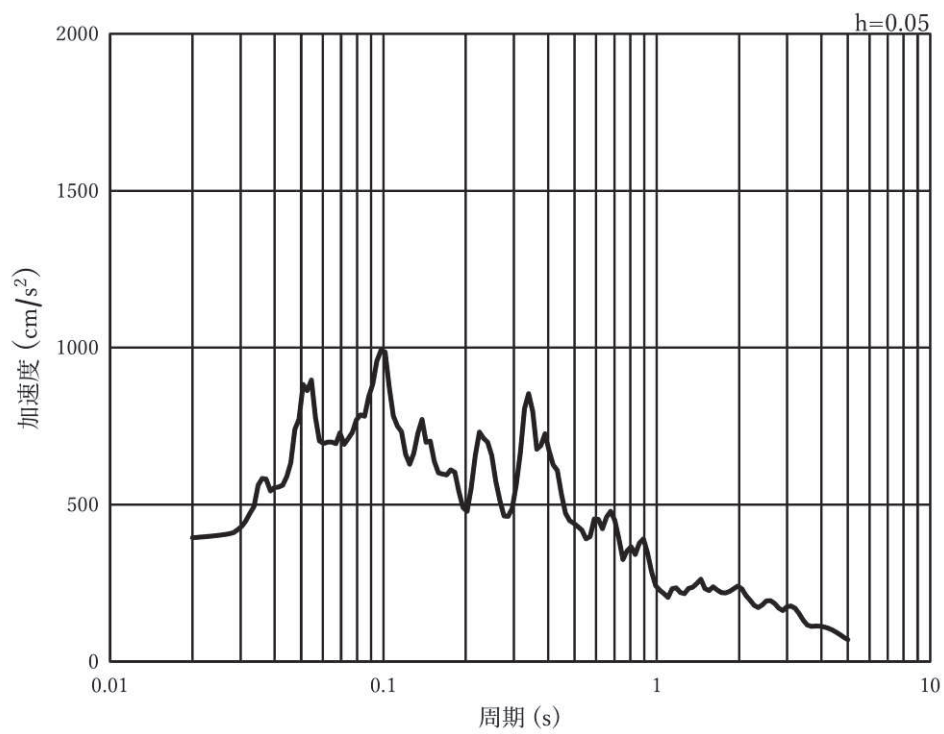


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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), 第 2 号機側

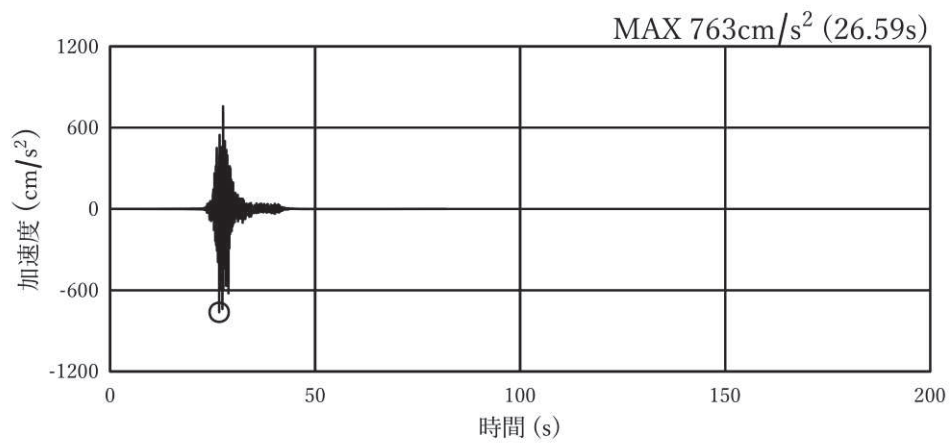


(a) 加速度時刻歴波形

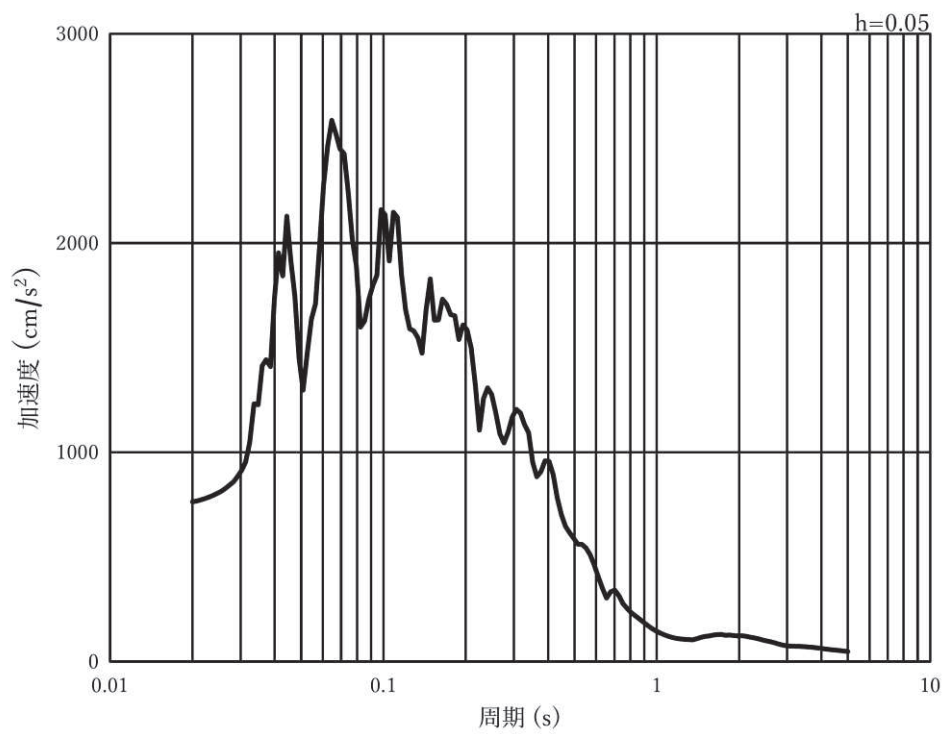


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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)，第 2 号機側



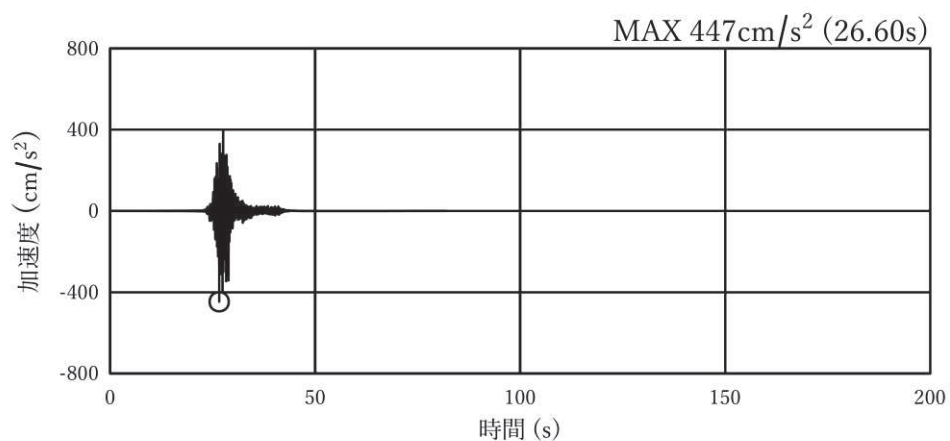
(a) 加速度時刻歴波形



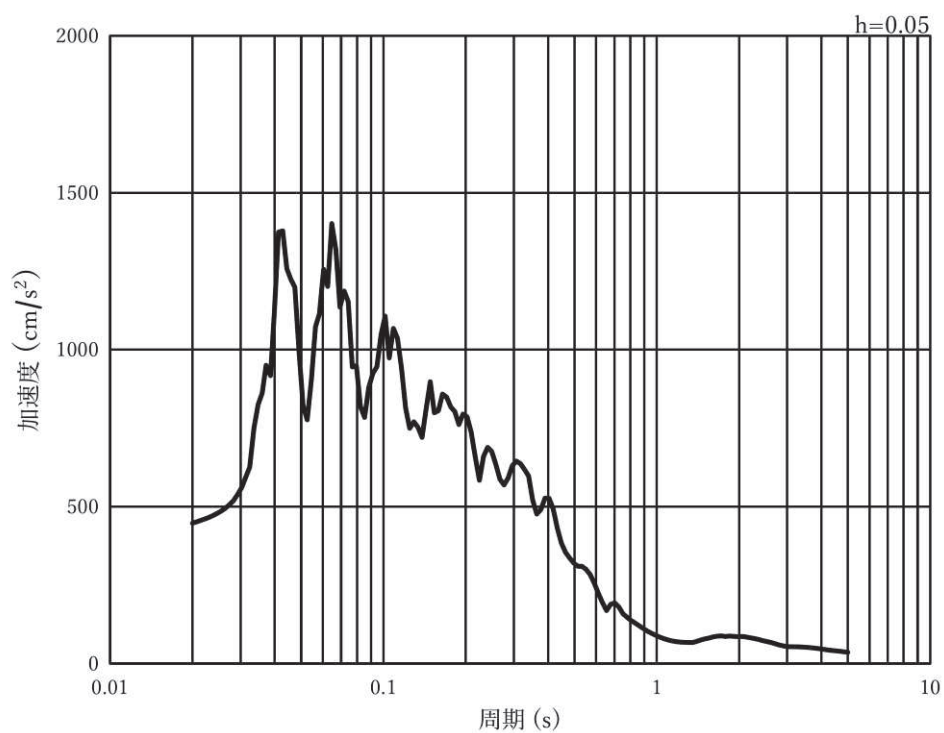
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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), 第 2 号機側



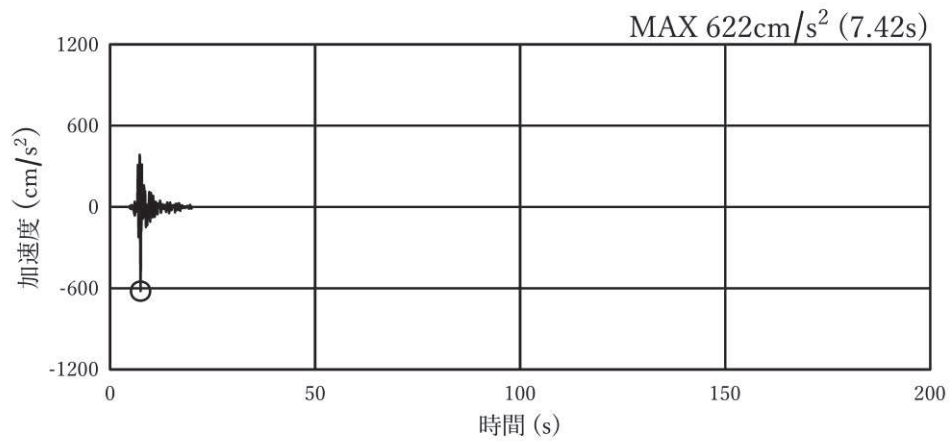


(a) 加速度時刻歴波形

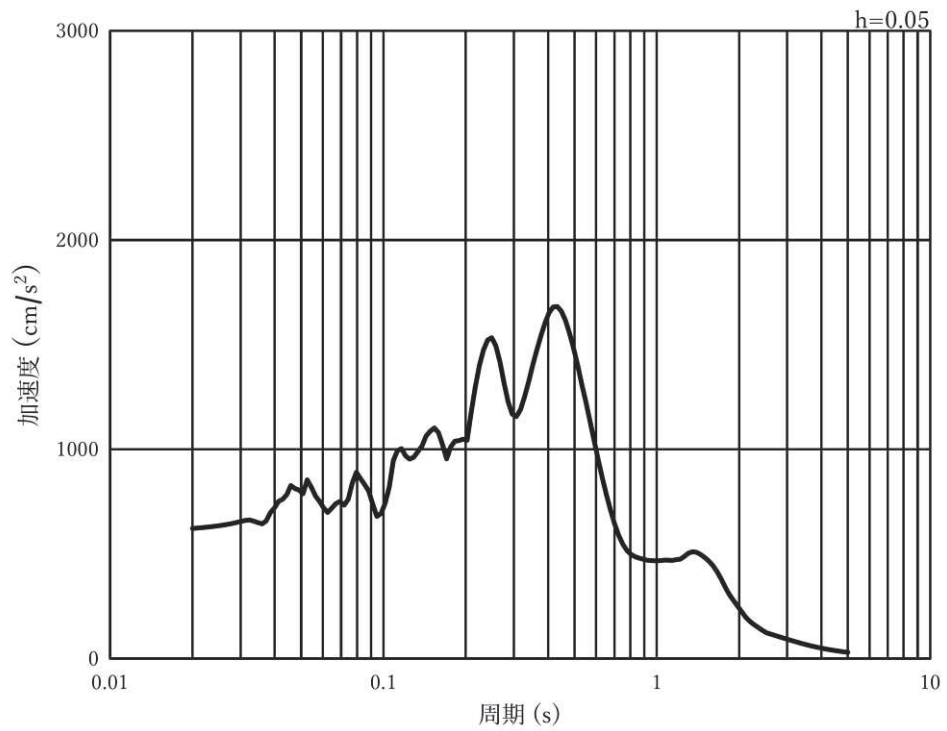


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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), 第 2 号機側

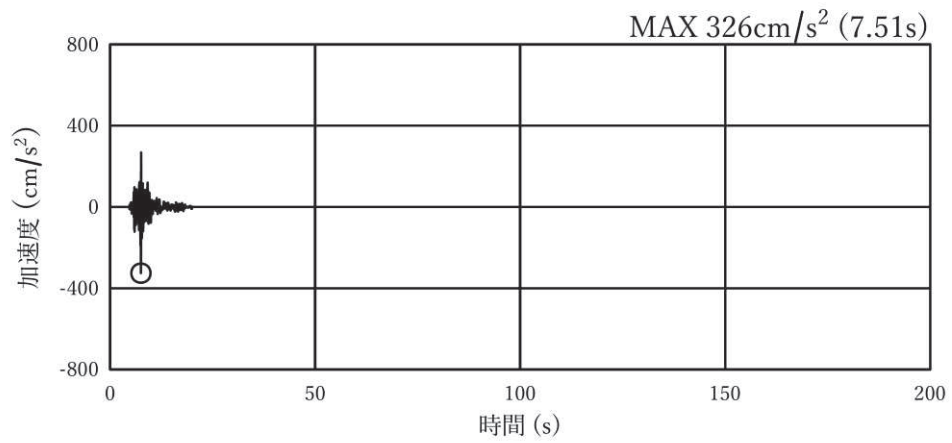


(a) 加速度時刻歴波形

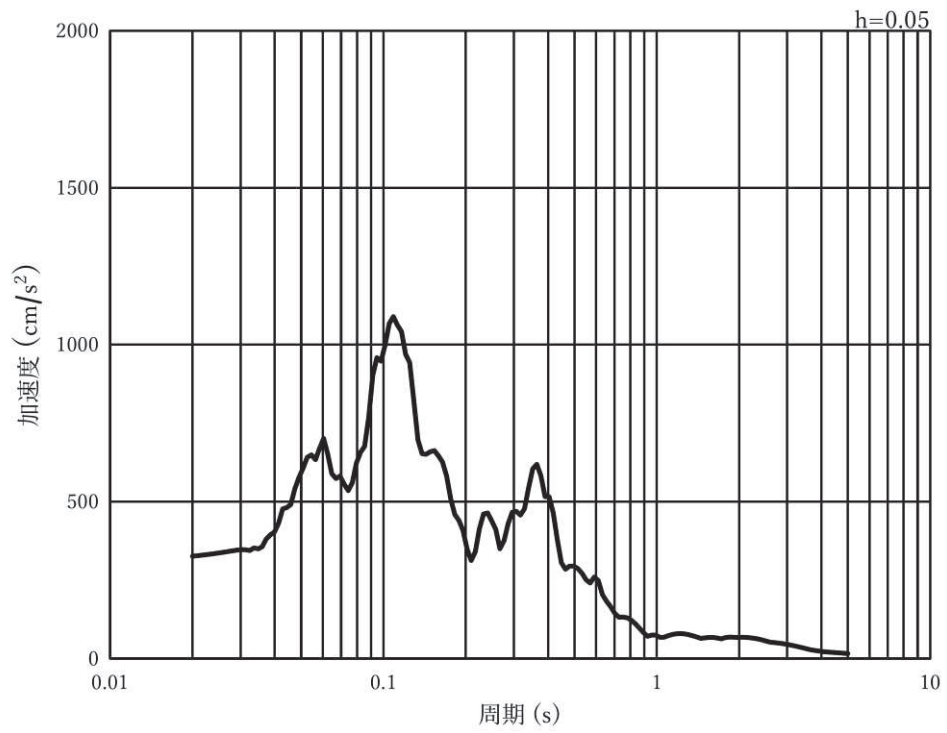


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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), 第 2 号機側

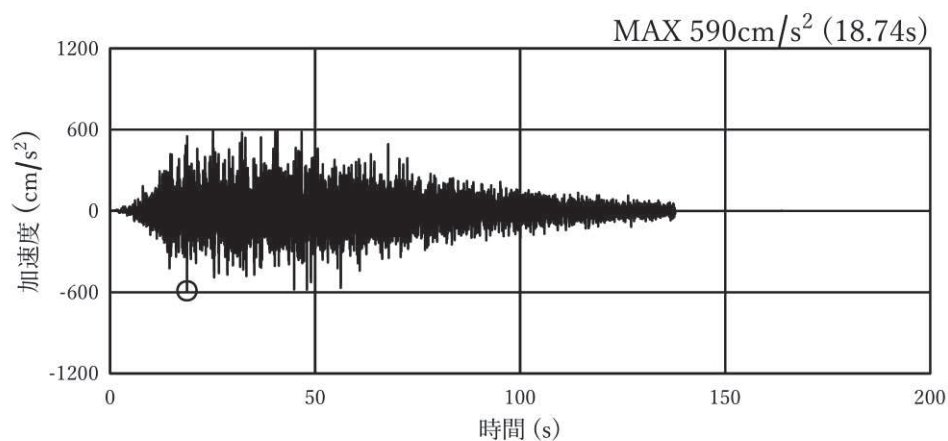


(a) 加速度時刻歴波形

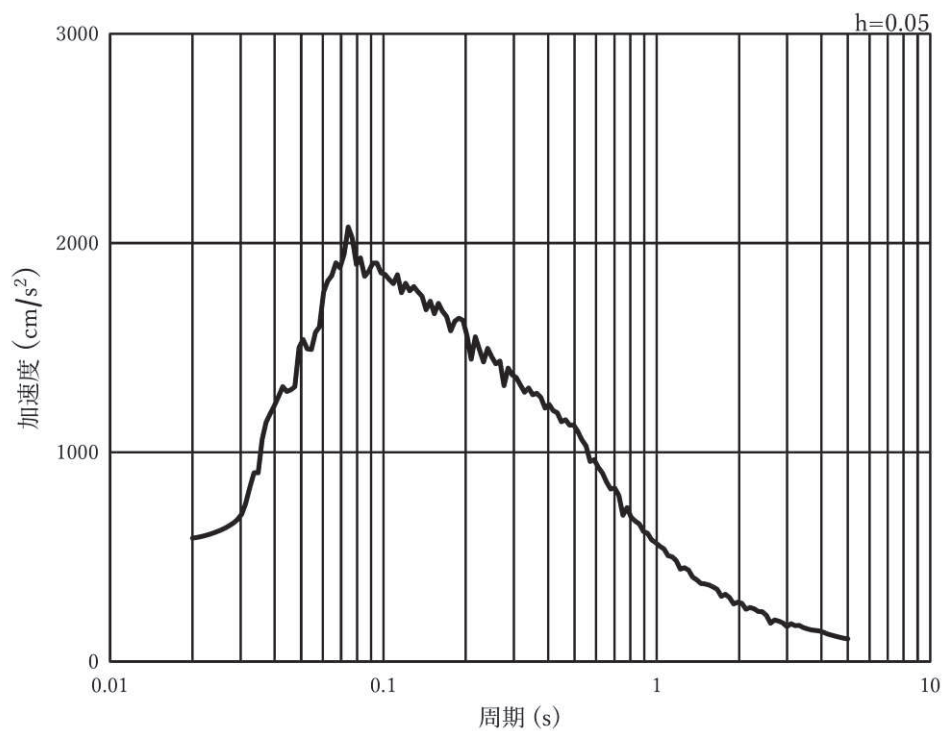


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(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)，第 2 号機側

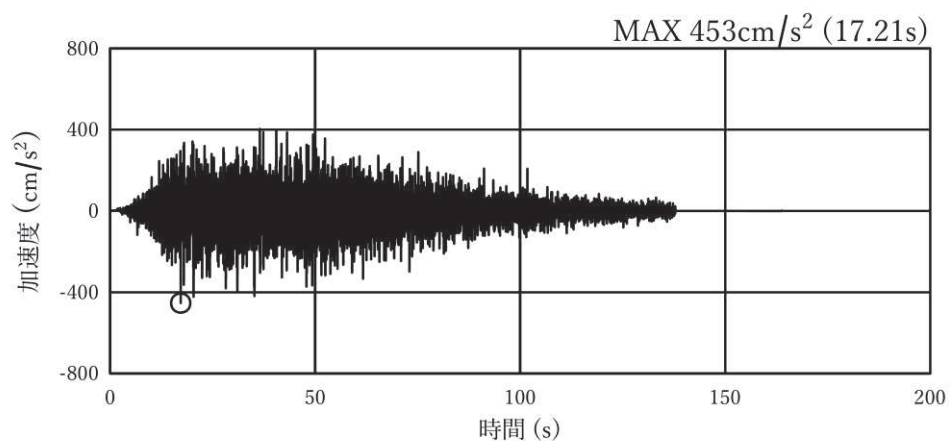


(a) 加速度時刻歴波形

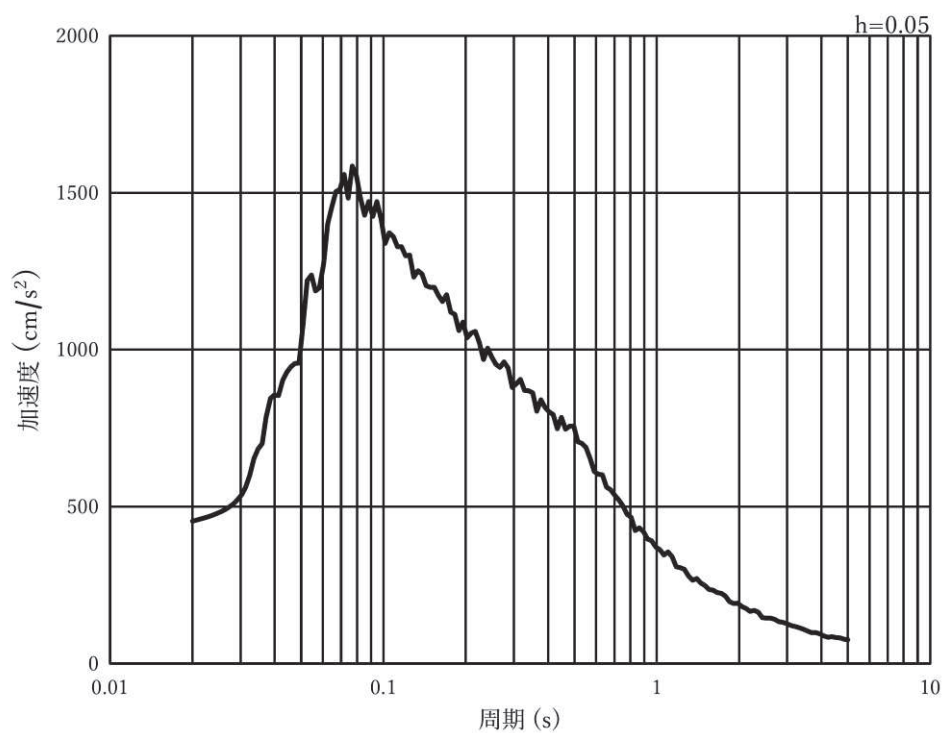


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(15) 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), 第 3 号機側

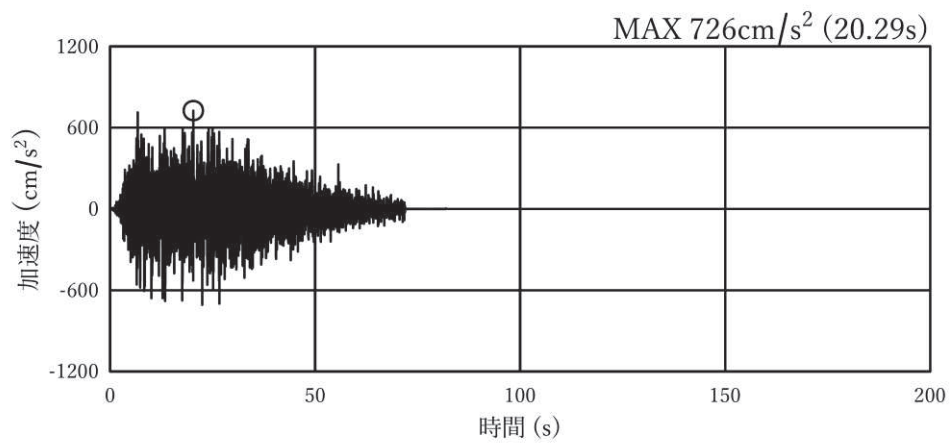


(a) 加速度時刻歴波形

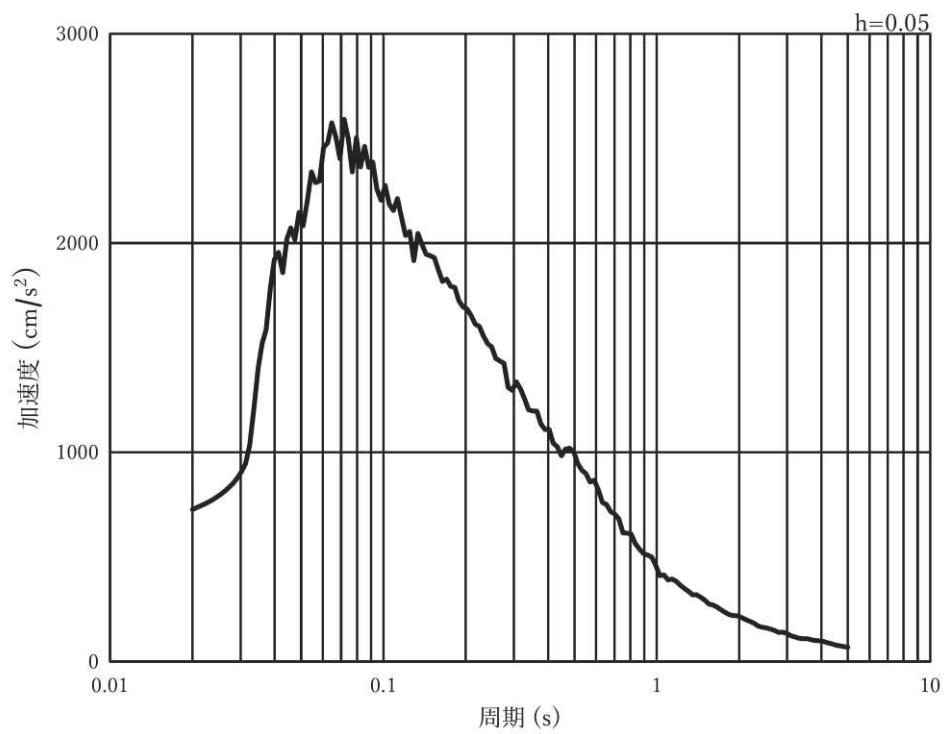


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(16) 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)，第 3 号機側

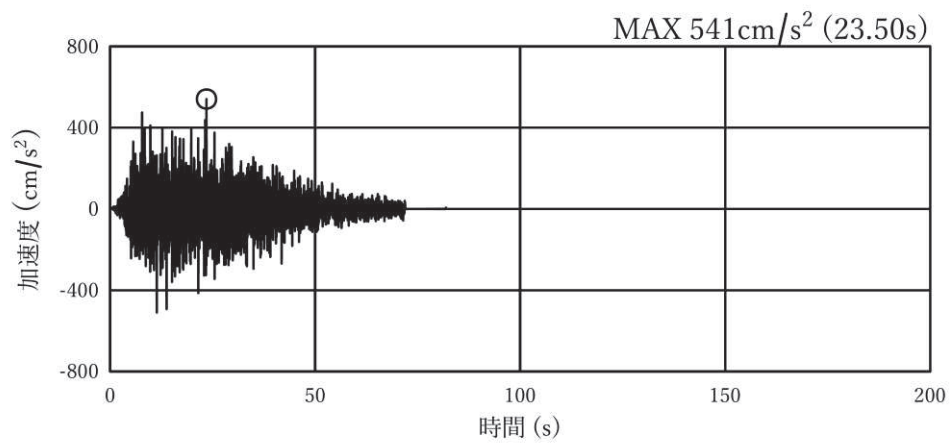


(a) 加速度時刻歴波形

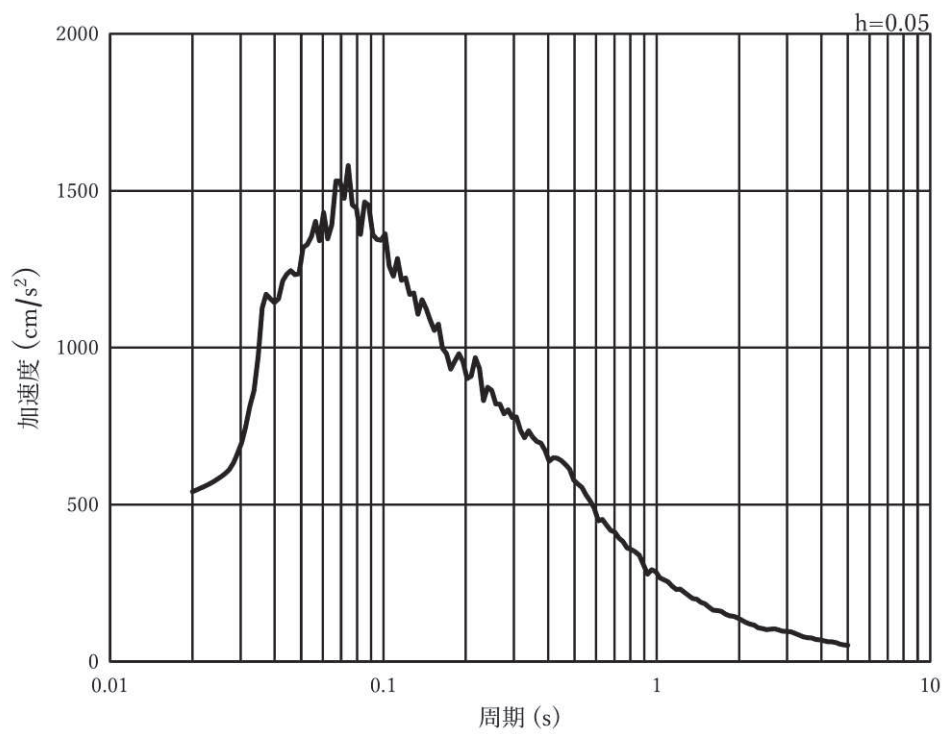


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(17) 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), 第 3 号機側

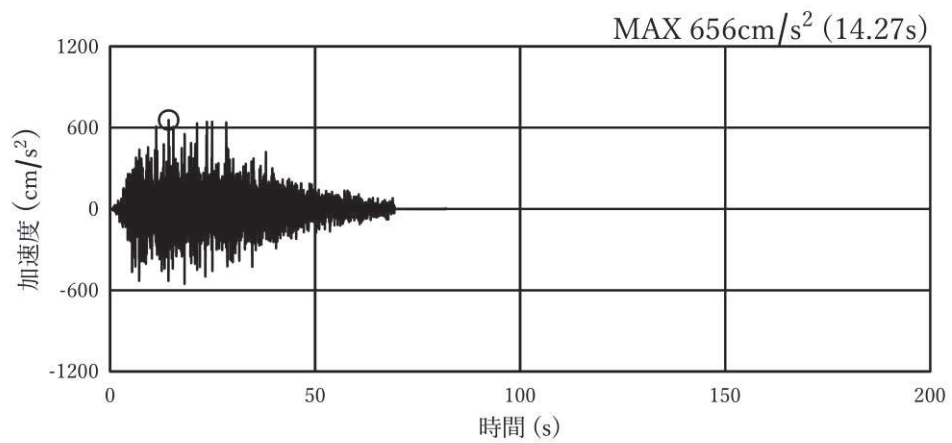


(a) 加速度時刻歴波形

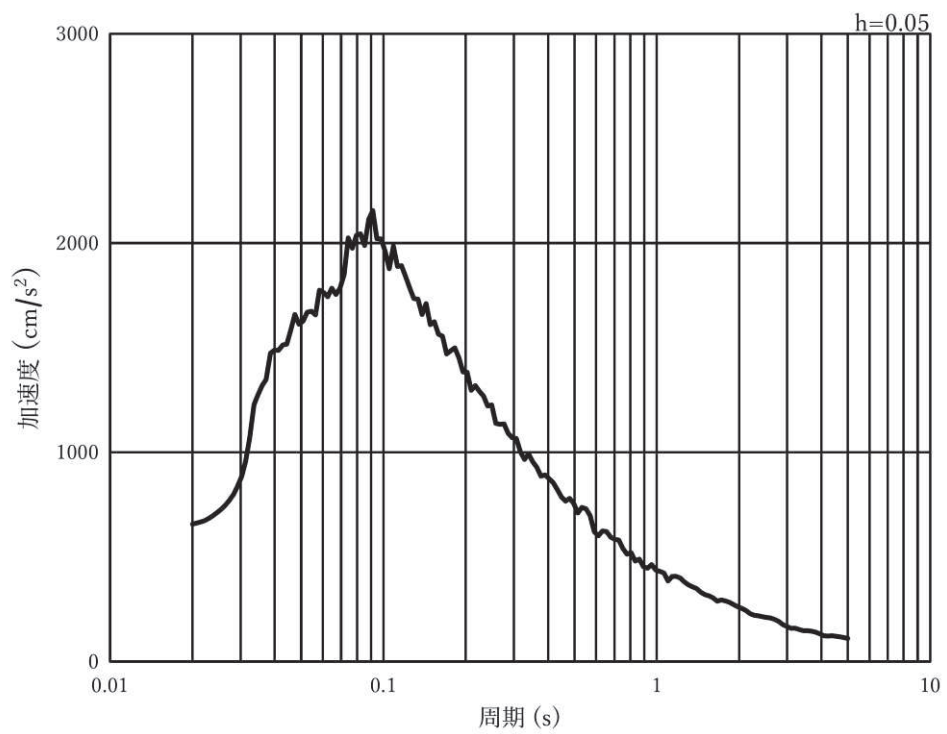


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(18) 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)，第 3 号機側



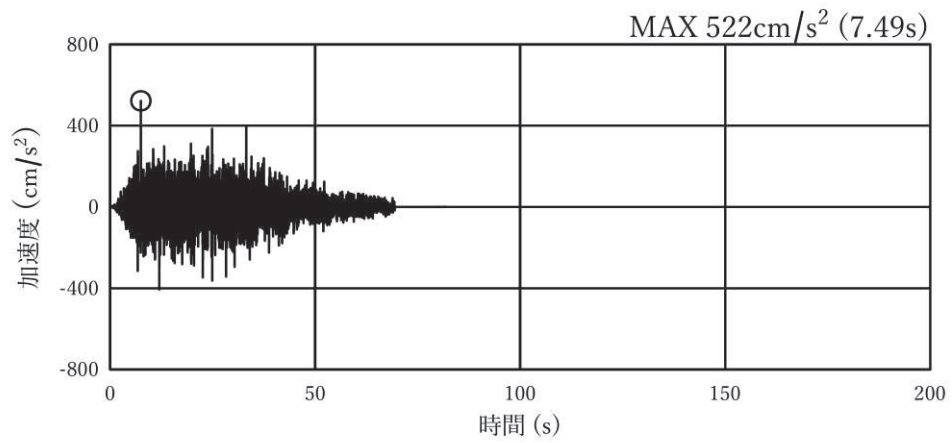
(a) 加速度時刻歴波形



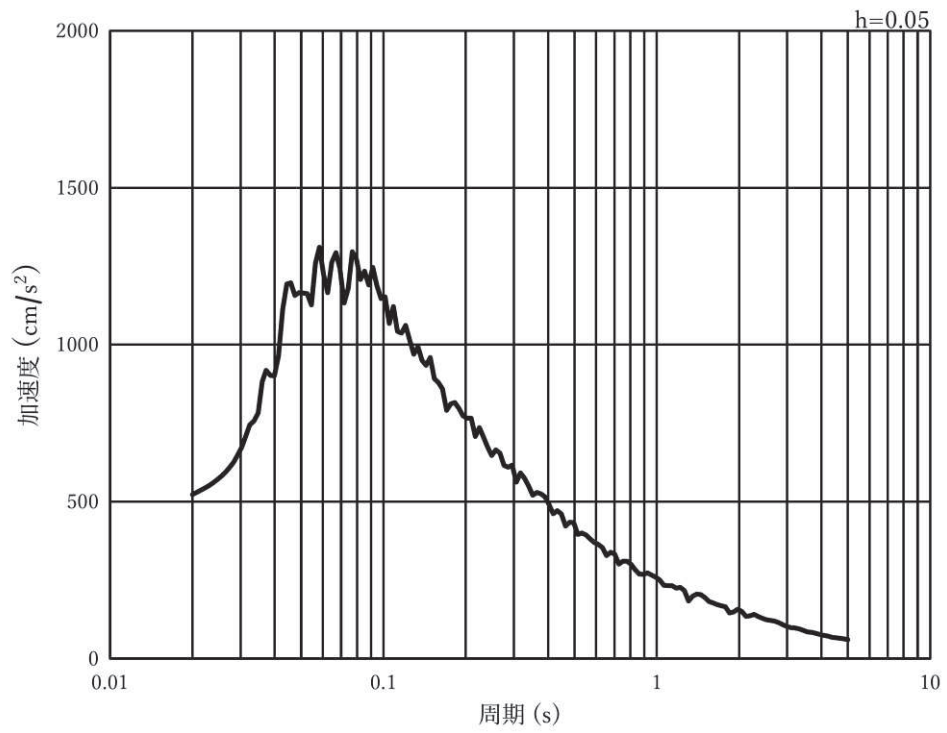
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(19) 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), 第 3 号機側



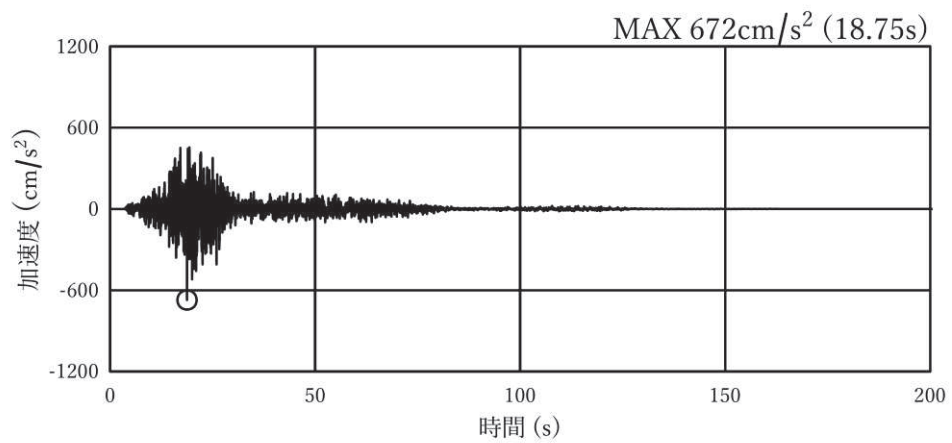


(a) 加速度時刻歴波形

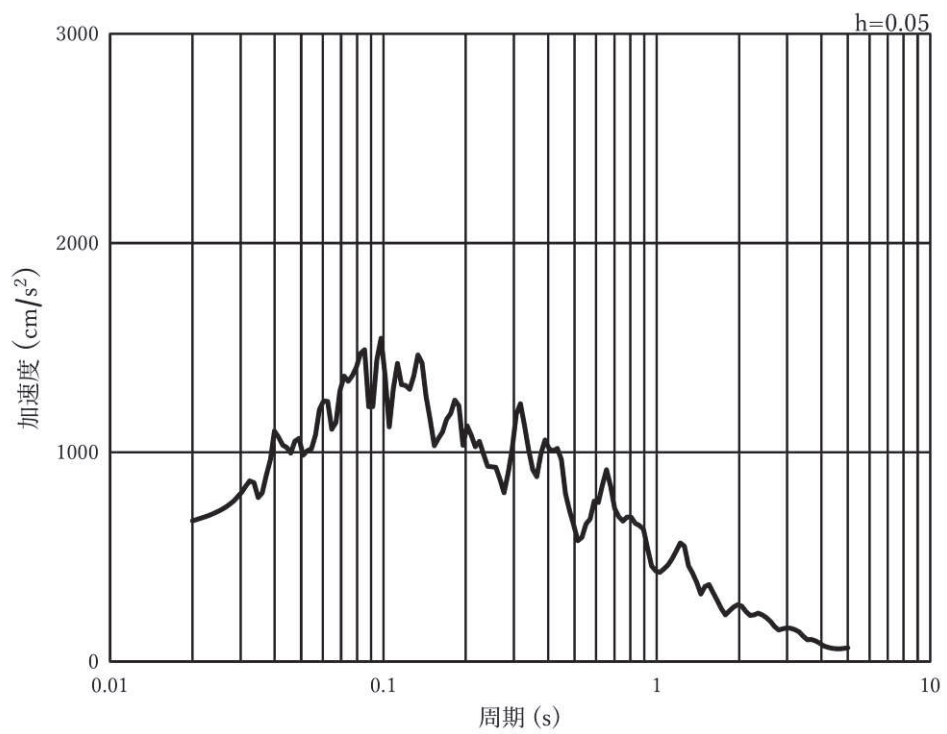


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(20) 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), 第 3 号機側

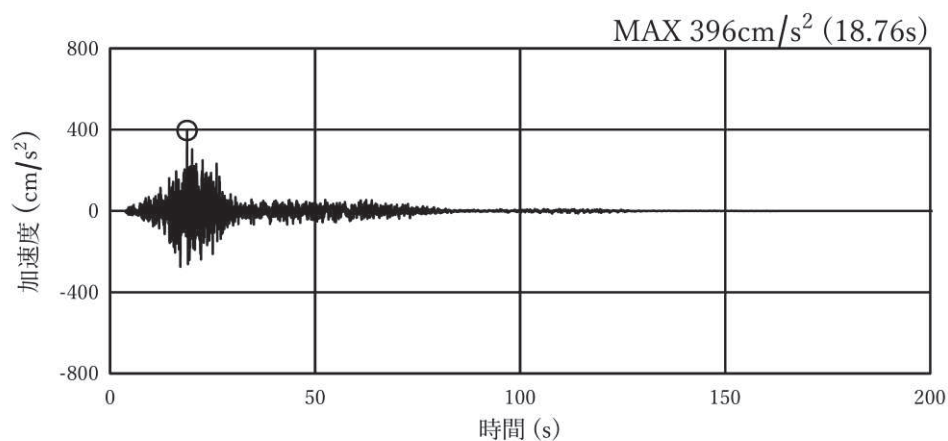


(a) 加速度時刻歴波形

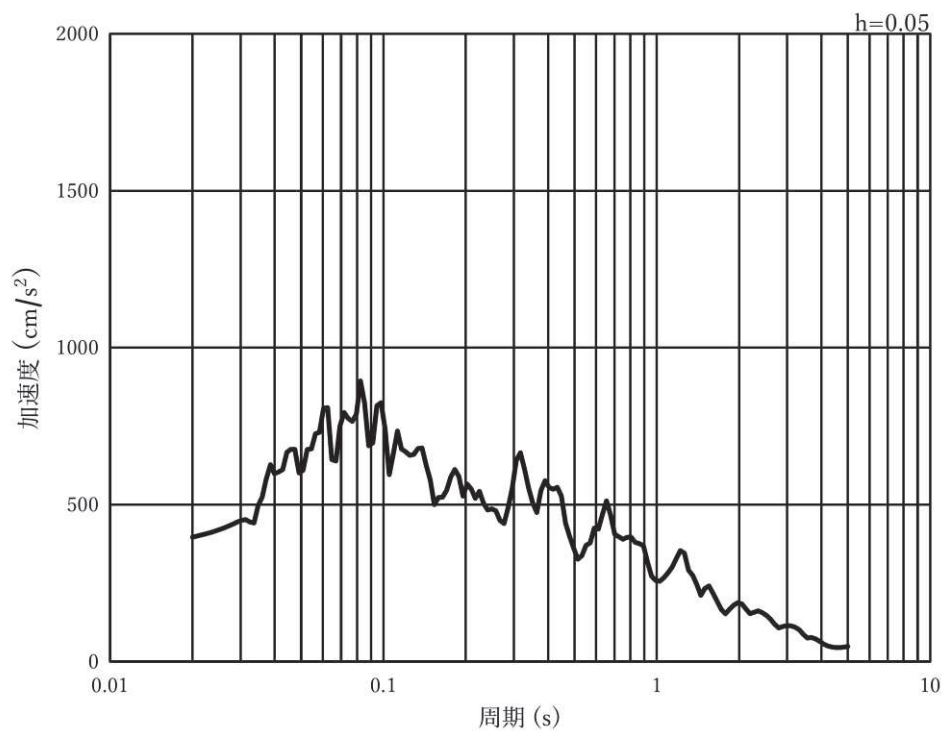


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(21) 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)，第 3 号機側

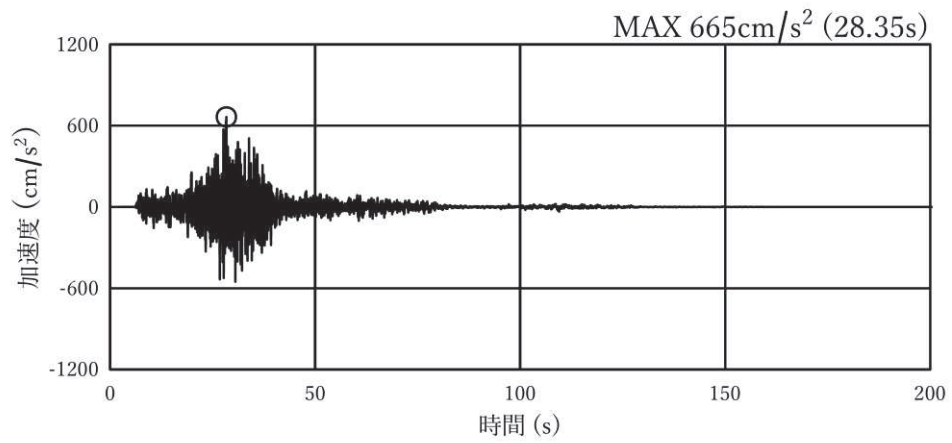


(a) 加速度時刻歴波形

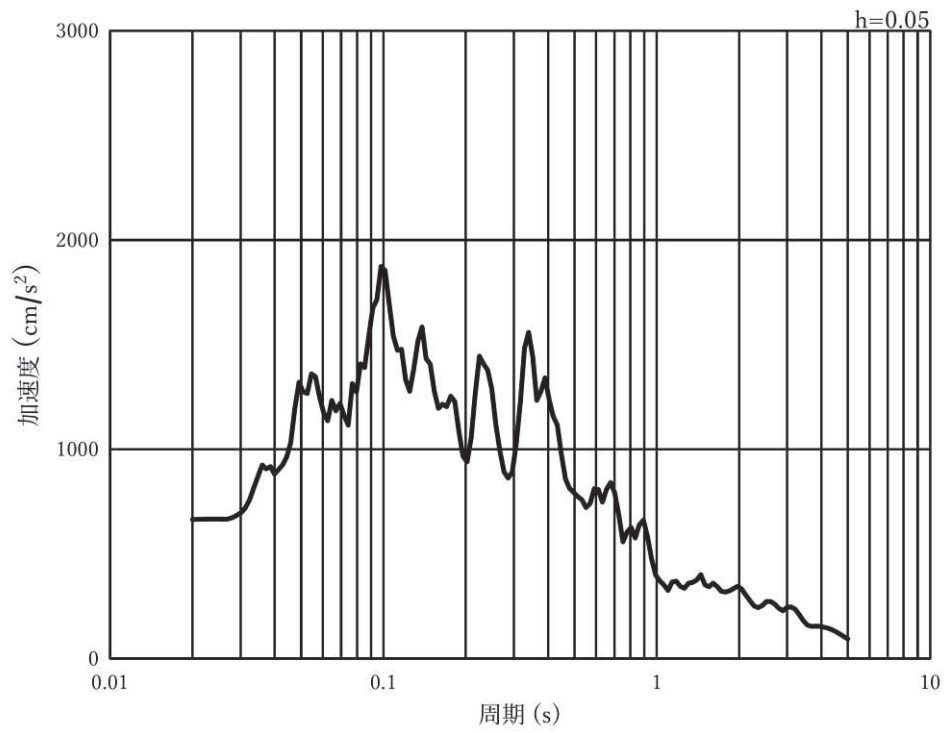


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(22) 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)，第 3 号機側

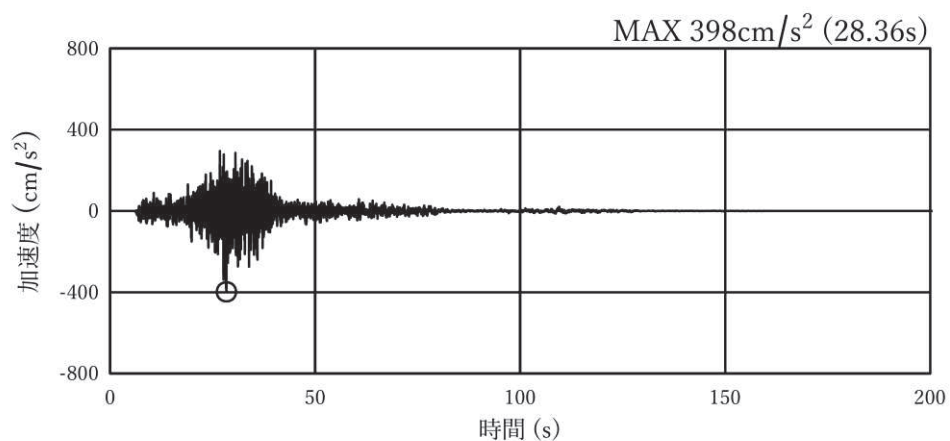


(a) 加速度時刻歴波形

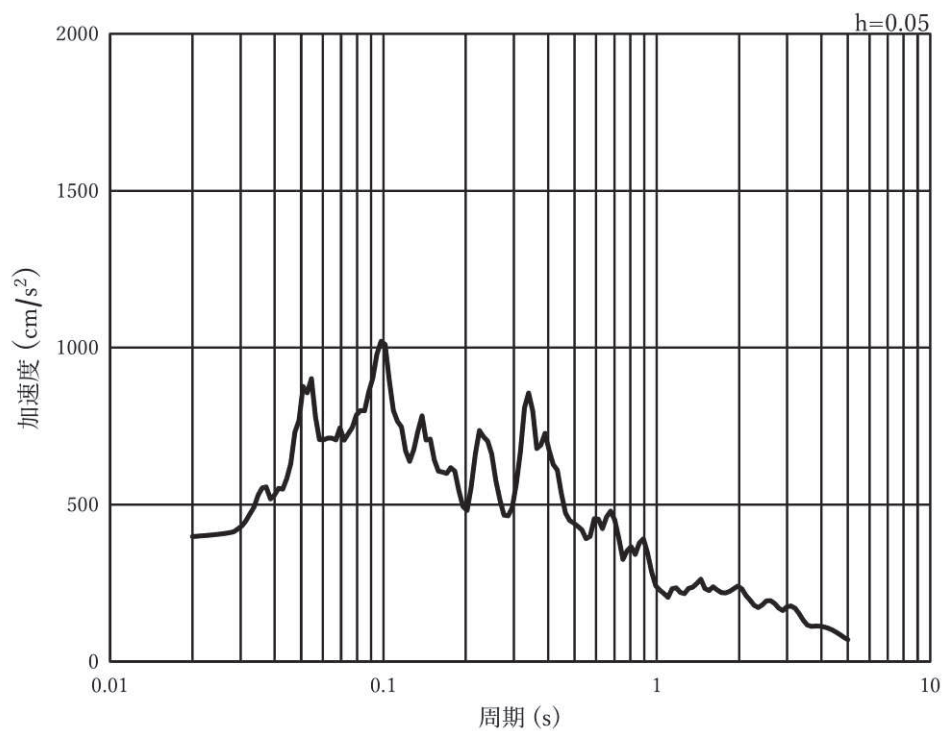


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(23) 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), 第 3 号機側

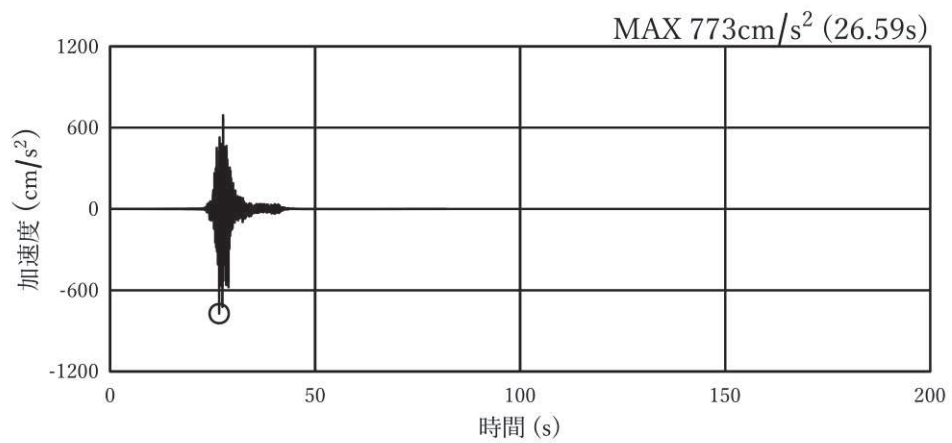


(a) 加速度時刻歴波形

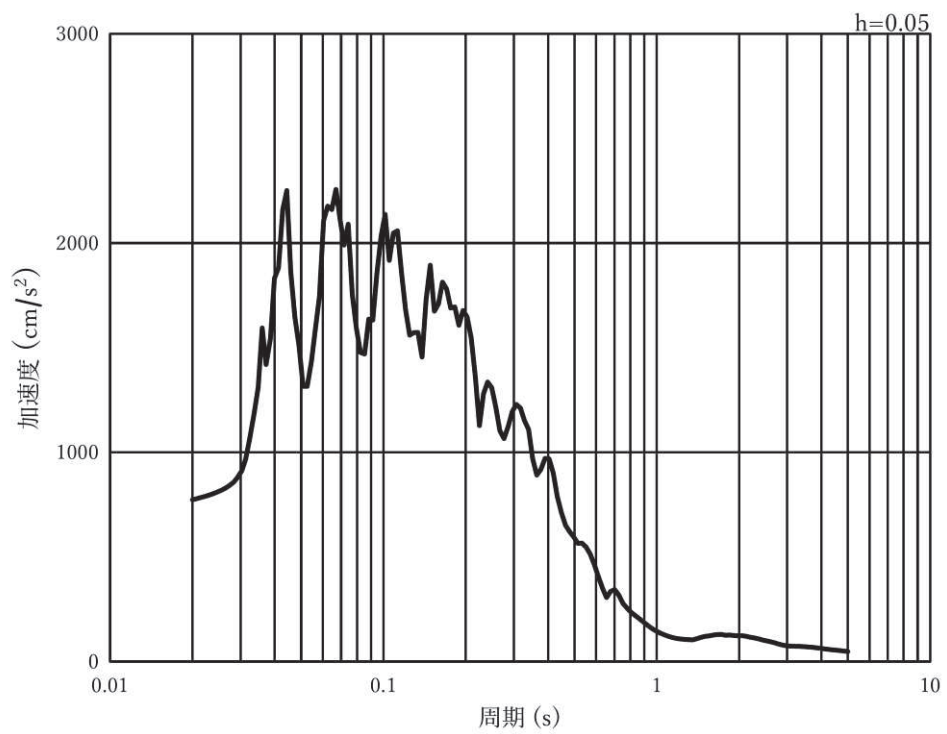


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(24) 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)，第 3 号機側

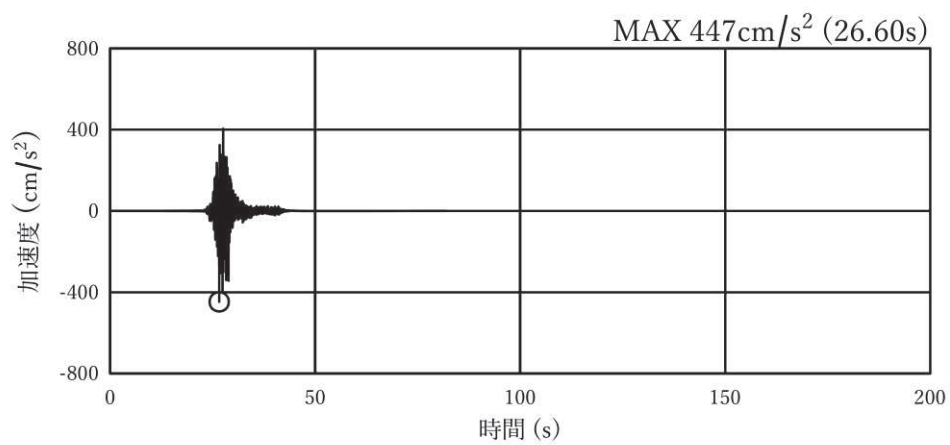


(a) 加速度時刻歴波形

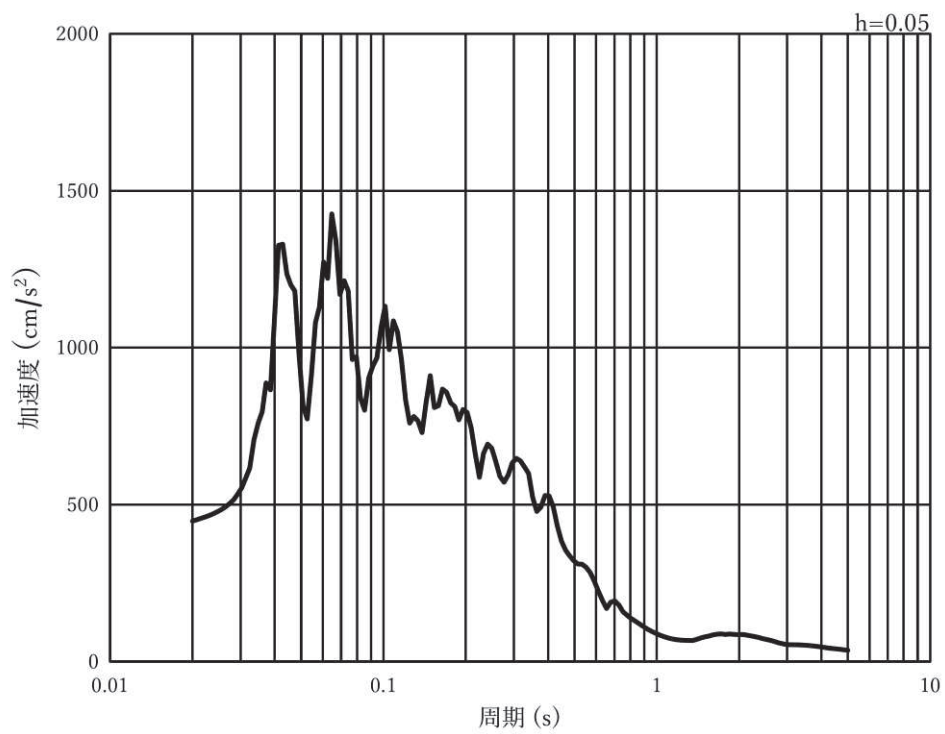


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(25) 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), 第 3 号機側

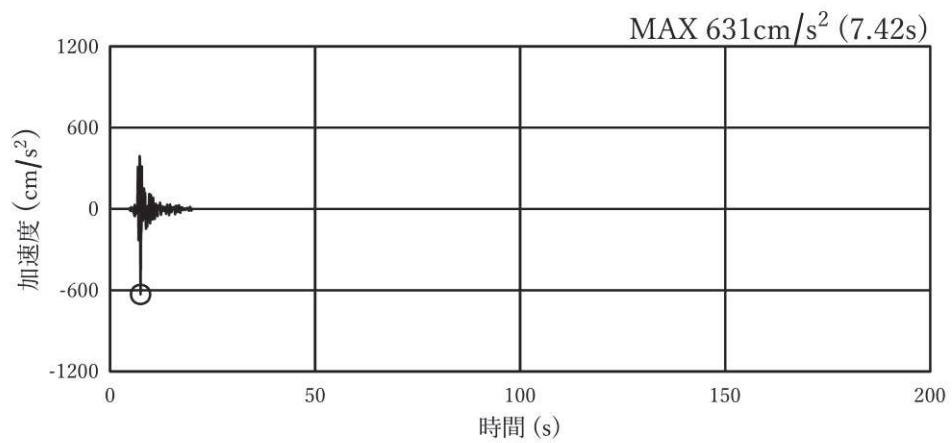


(a) 加速度時刻歴波形

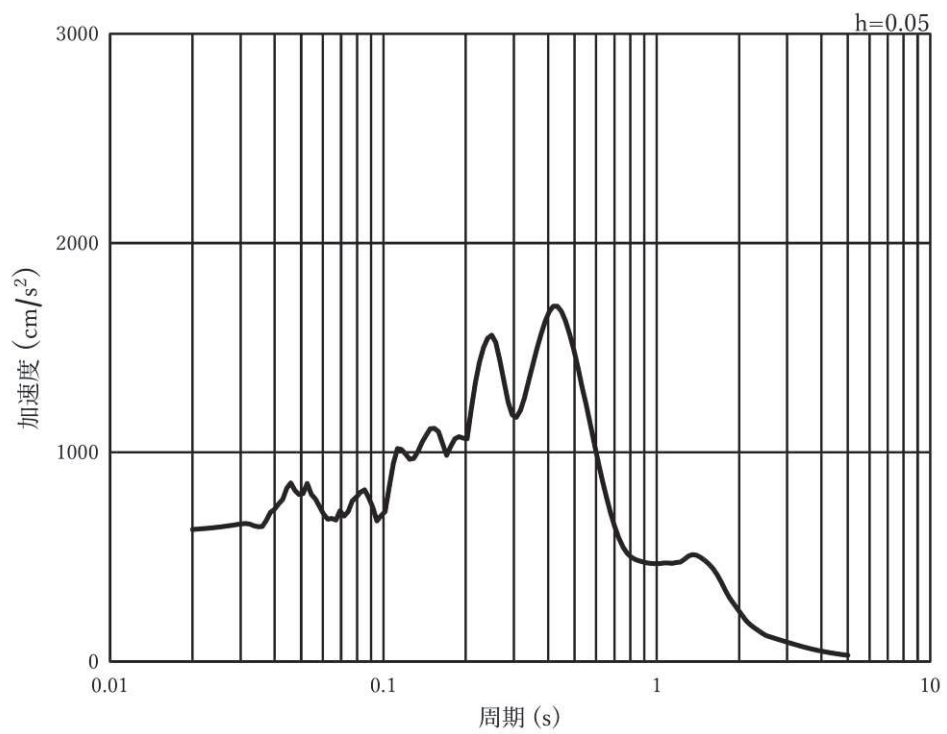


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(26) 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), 第 3 号機側



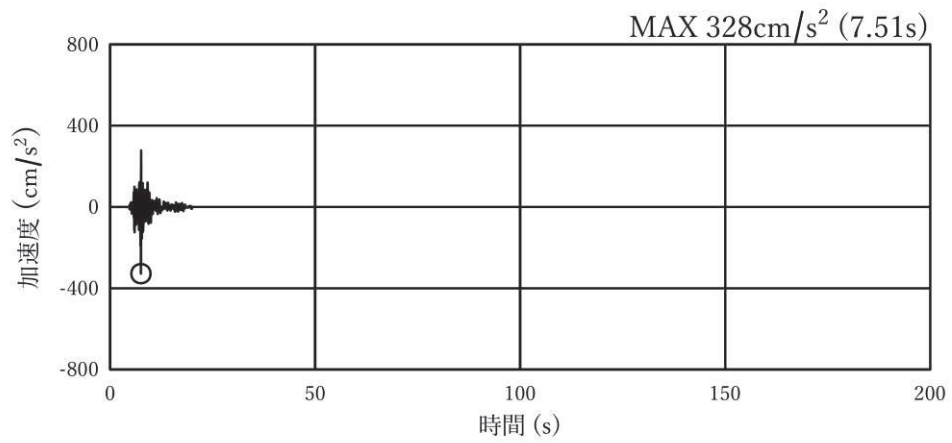
(a) 加速度時刻歴波形



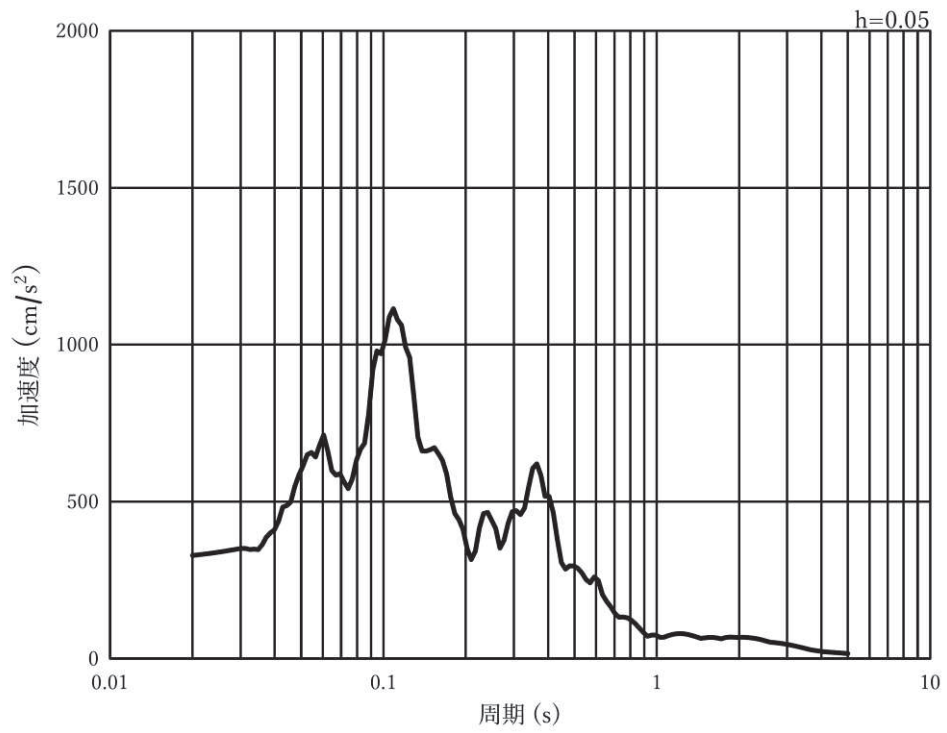
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(27) 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)，第 3 号機側





(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(28) 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)，第 3 号機側

(5) 設計用震度の算定

各評価対象接続柵位置における最大鉛直震度を表 3-5 に示す。

表 3-5 接続柵位置の最大鉛直震度

号機	接続柵	地震動	解析ケース	鉛直震度 ( $k_v$ )
第 2 号機	①	S s - D 1	ケース②	0.42
	②	S s - D 1	ケース②	0.43
	③	S s - D 1	ケース②	0.42
	④	S s - D 1	ケース②	0.43
	⑤	S s - D 1	ケース②	0.43
第 3 号機	⑥	S s - D 1	ケース②	0.42
	⑦	S s - D 1	ケース③	0.44
	⑧	S s - D 1	ケース③	0.45
	⑨	S s - D 1	ケース②	0.42

### 3.4 許容限界

#### 3.4.1 構造部材の健全性に対する許容限界

応力解析による評価に用いるコンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 3-6, 3-7 に示す。

表 3-6 コンクリートの許容応力度及び短期許容応力度

設計基準強度 $f'_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度* <sup>1</sup> (N/mm <sup>2</sup> )
	許容曲げ圧縮応力度	許容せん断応力度	
20.5* <sup>2</sup>	許容曲げ圧縮応力度	7.8	11.7
	許容せん断応力度	0.42	0.63
23.5* <sup>2</sup>	許容曲げ圧縮応力度	8.8	13.2
	許容せん断応力度	0.45	0.67
30	許容曲げ圧縮応力度	11.0	16.5
	許容せん断応力度	0.50	0.75

注記\* 1 : コンクリート標準示方書により地震時の割り増し係数として 1.5 を考慮する。

\* 2 : 設計基準強度=18N/mm<sup>2</sup>, 24N/mm<sup>2</sup> 及び 27N/mm<sup>2</sup> の許容応力度から線形補間により算出した。

表 3-7 鉄筋 (SD345) の許容応力度及び短期許容応力度

鉄筋の種類	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
	許容引張応力度	許容せん断応力度	
SD345	許容引張応力度	196	294

注記\* : コンクリート標準示方書により地震時の割り増し係数として 1.5 を考慮する。

#### 3.4.2 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。

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 3-8 に示す。

表 3-8 基礎地盤の許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )
極限支持力	狐崎部層* <sup>1</sup>	13.7
	牧の浜部層* <sup>1</sup>	11.4
	C <sub>L</sub> 級	1.8* <sup>2</sup>

注記\* 1 : C<sub>M</sub>級岩盤以上の岩盤が対象

\* 2 : 道路橋示方書 ( I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 (日本道路協会, 平成 14 年 3 月) に基づき, 一軸圧縮強度に応じた最大地盤反力度の上限値より設定する。

### 3.5 応力解析による評価方法

#### 3.5.1 構造部材の健全性に対する評価方法

「3.3.1 解析方法」に示す解析方法に基づき, 評価を実施する。

また, 接続柵側壁にはヒューム管が接続されていること, 並びに接続柵①・⑦には頂版に開口が存在することを踏まえ評価を実施する。

##### (1) 解析モデル

頂版, 底版及び側壁の検討においては, 各面を壁により支持された版とみなし, 開口部の存在しない面については 4 辺固定版として, 開口部の存在する面については開口規模に応じ 4 辺固定版または開口部と接する辺を自由端とした 3 辺固定 1 辺自由版としてモデル化し, 図 3-6 に示す 4 辺固定版もしくは 3 辺固定 1 辺自由版の形状と応力を用いて曲げモーメント及びせん断力を算出する。接続柵を構成するコンクリート・鉄筋の物性値を表 3-9 に, 解析モデルを図 3-7 に示す。

各版の応力度算定は, 解析コード「RC 断面計算 Ver8.0.7」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。

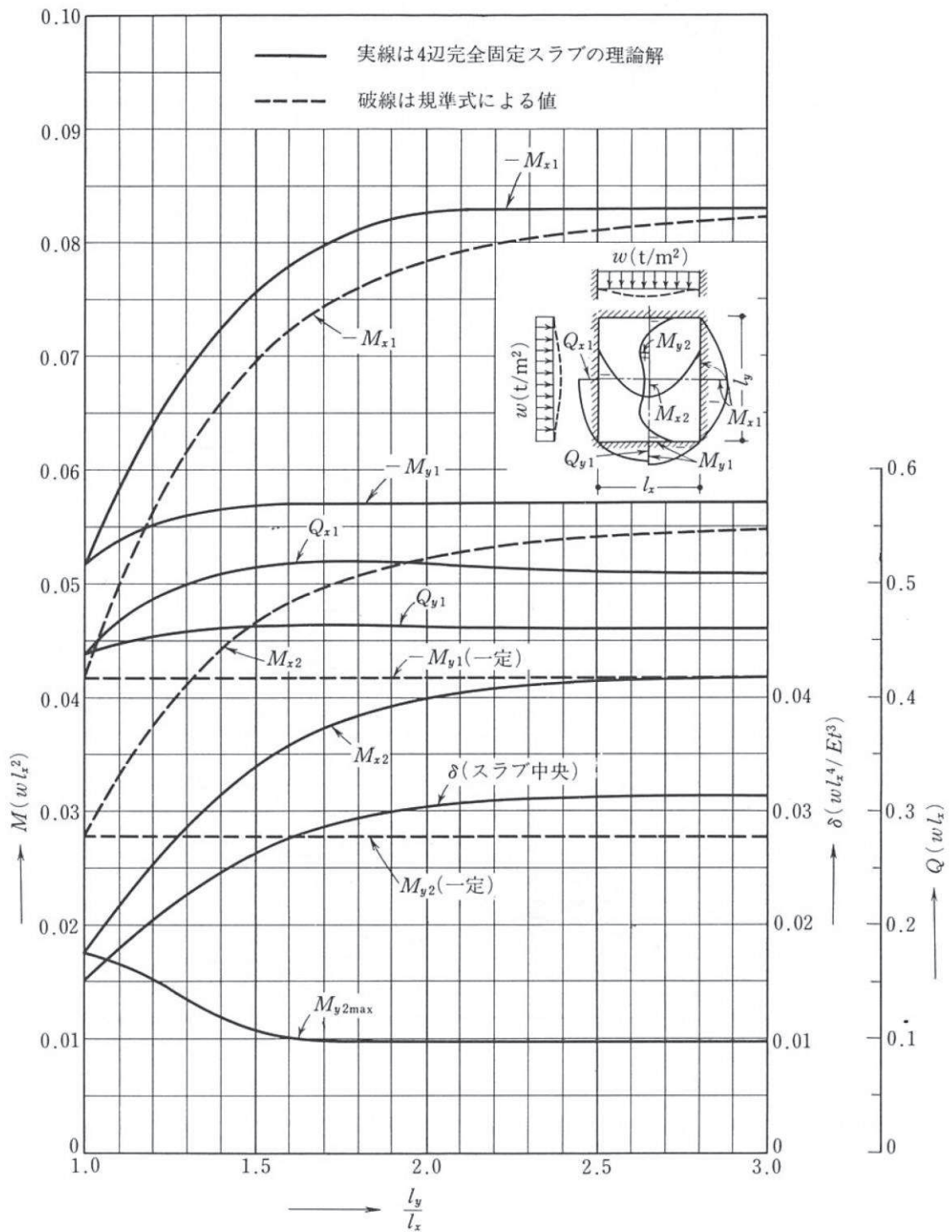


図 3-6(1) 等分布荷重時 4 辺固定スラブの応力図と中央点のたわみ  $\delta$  ( $\nu=0$ )  
 (鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説 ( (社) 日本建築学会, 1991 年) )

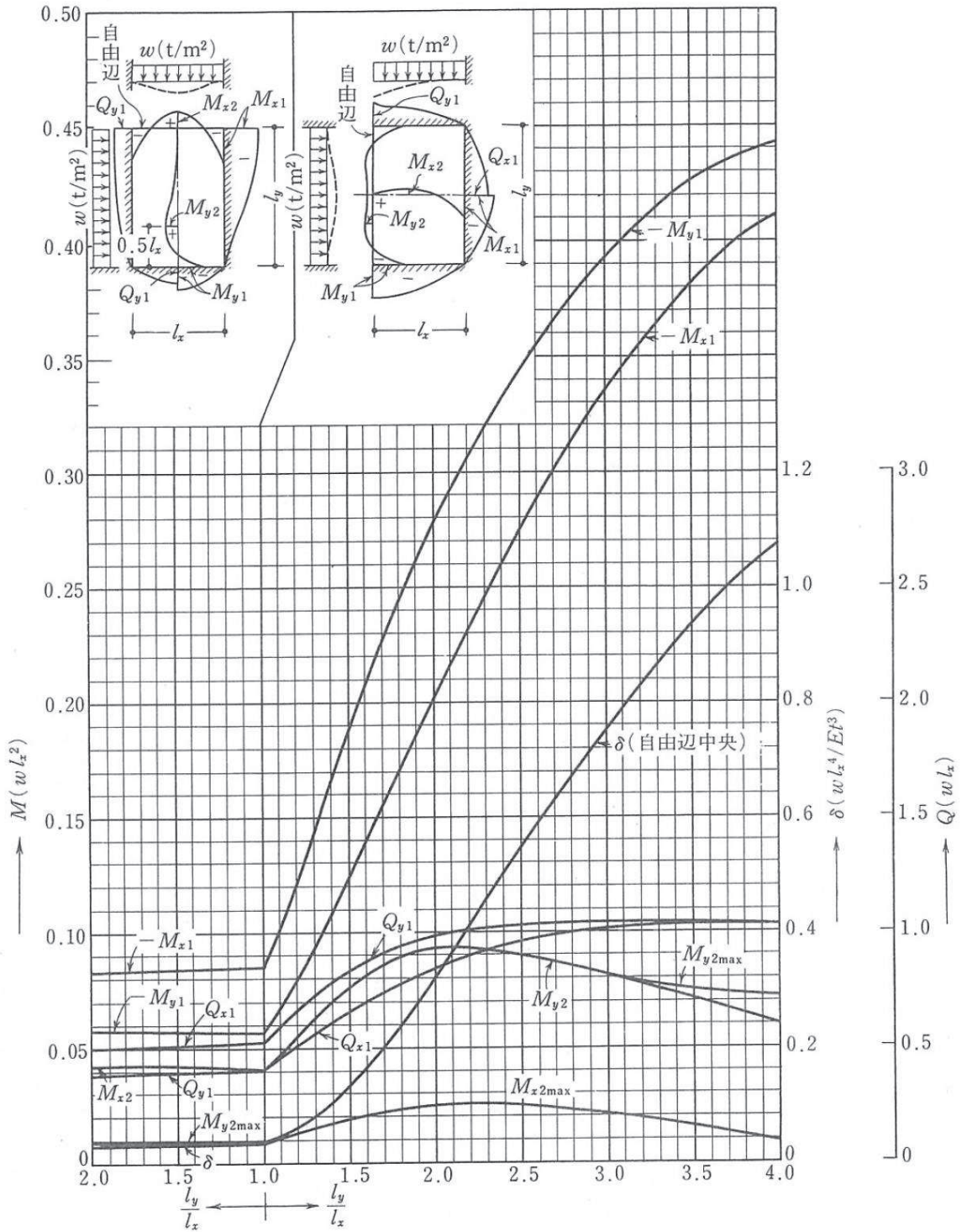


図 3-6(2) 等分布荷重時 3 辺固定 1 辺自由スラブの応力図と自由辺中央のたわみ  $\delta$  ( $\nu=0$ )  
 (鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説 ( (社) 日本建築学会, 1991 年) )

表 3-9 接続柵を構成するコンクリート・鉄筋の物性値

接続柵	コンクリート 設計基準強度 $f'_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	鉄筋	単位体積 重量 (kN/m <sup>3</sup> )
①	20.5	SD345	24.0
②	20.5	SD345	24.0
③	20.5	SD345	24.0
④	20.5	SD345	24.0
⑤	20.5	SD345	24.0
⑥	23.5	SD345	24.0
⑦	23.5	SD345	24.0
⑧	23.5	SD345	24.0
⑨	30.0*	SD345	24.0

注記\*：新設する接続柵

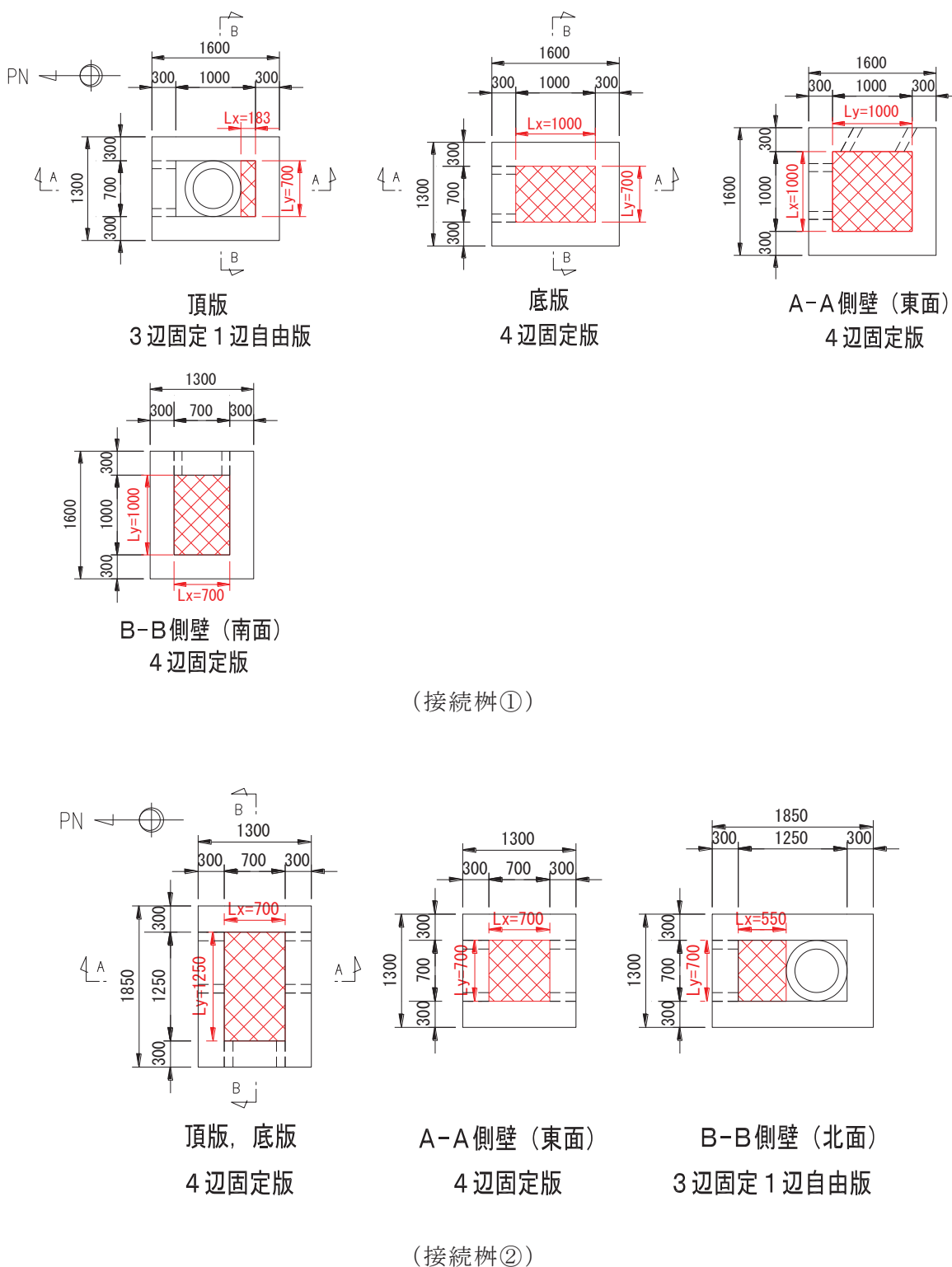
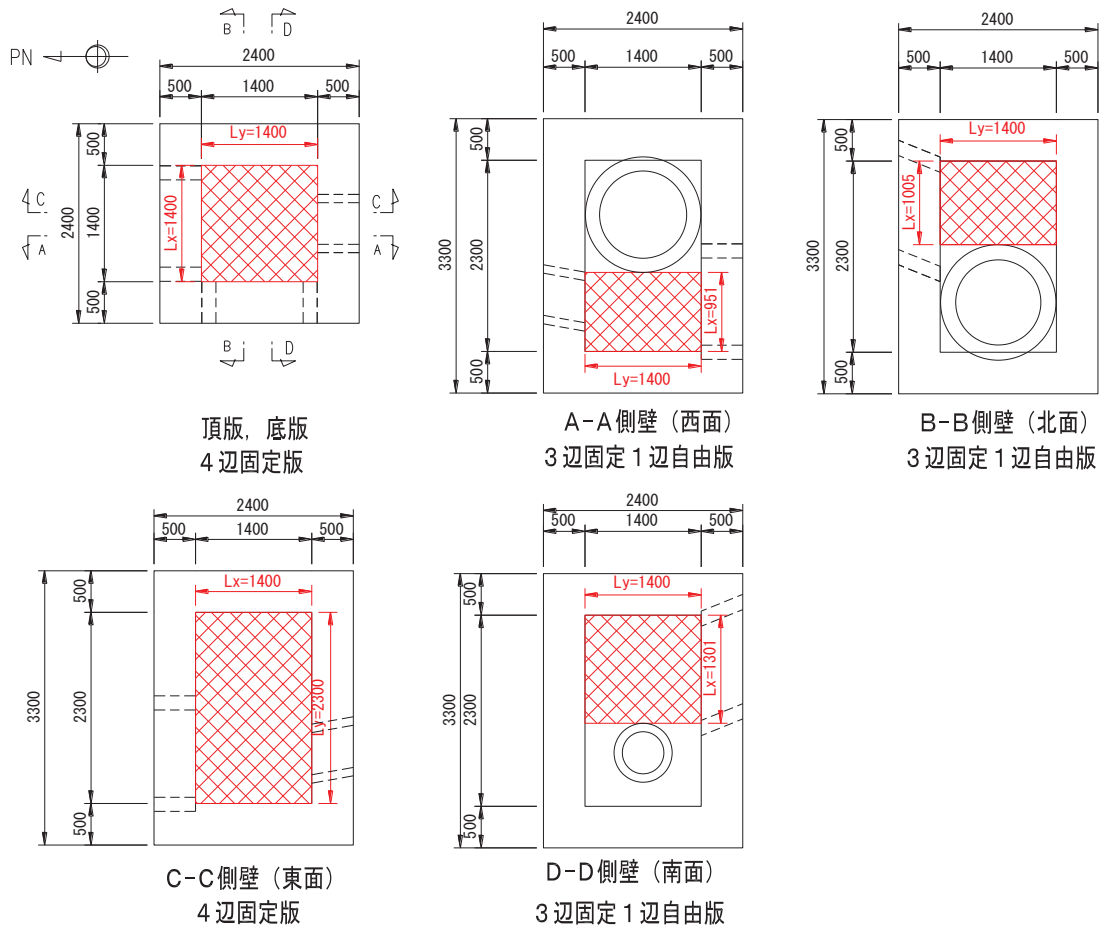
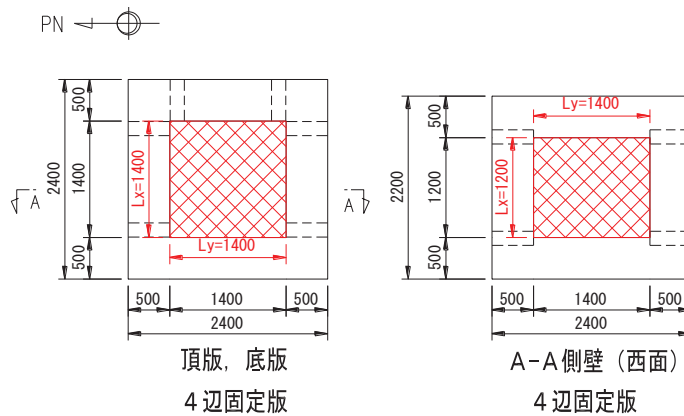


図 3-7(1) 接続樹の解析モデル (Lx : 短辺, Ly : 長辺) (単位 : mm)



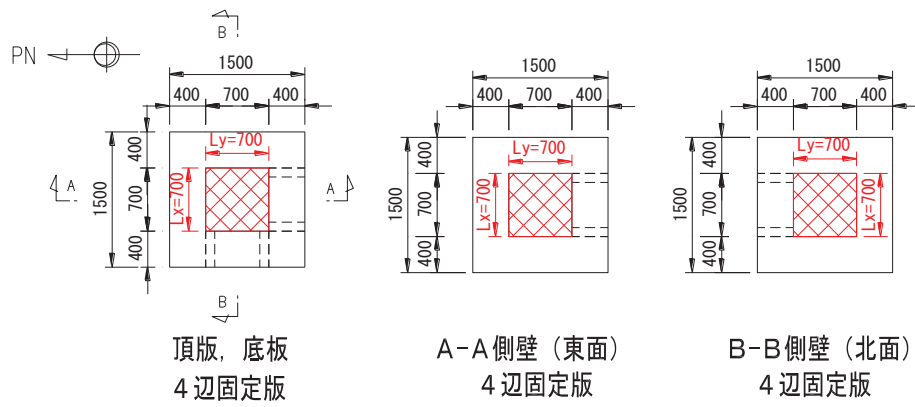


(接続柵③)

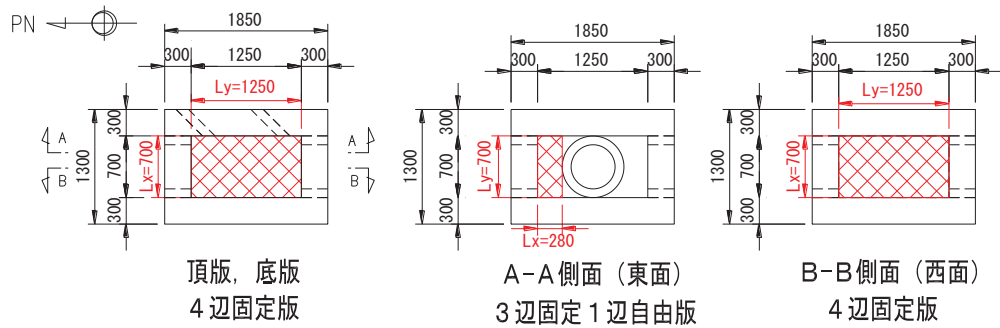


(接続柵④)

図 3-7(2) 接続柵の解析モデル (Lx : 短辺, Ly : 長辺) (単位 : mm)



(接続柵⑤)



(接続柵⑥)

図 3-7(3) 接続柵の解析モデル (Lx : 短辺, Ly : 長辺) (単位 : mm)

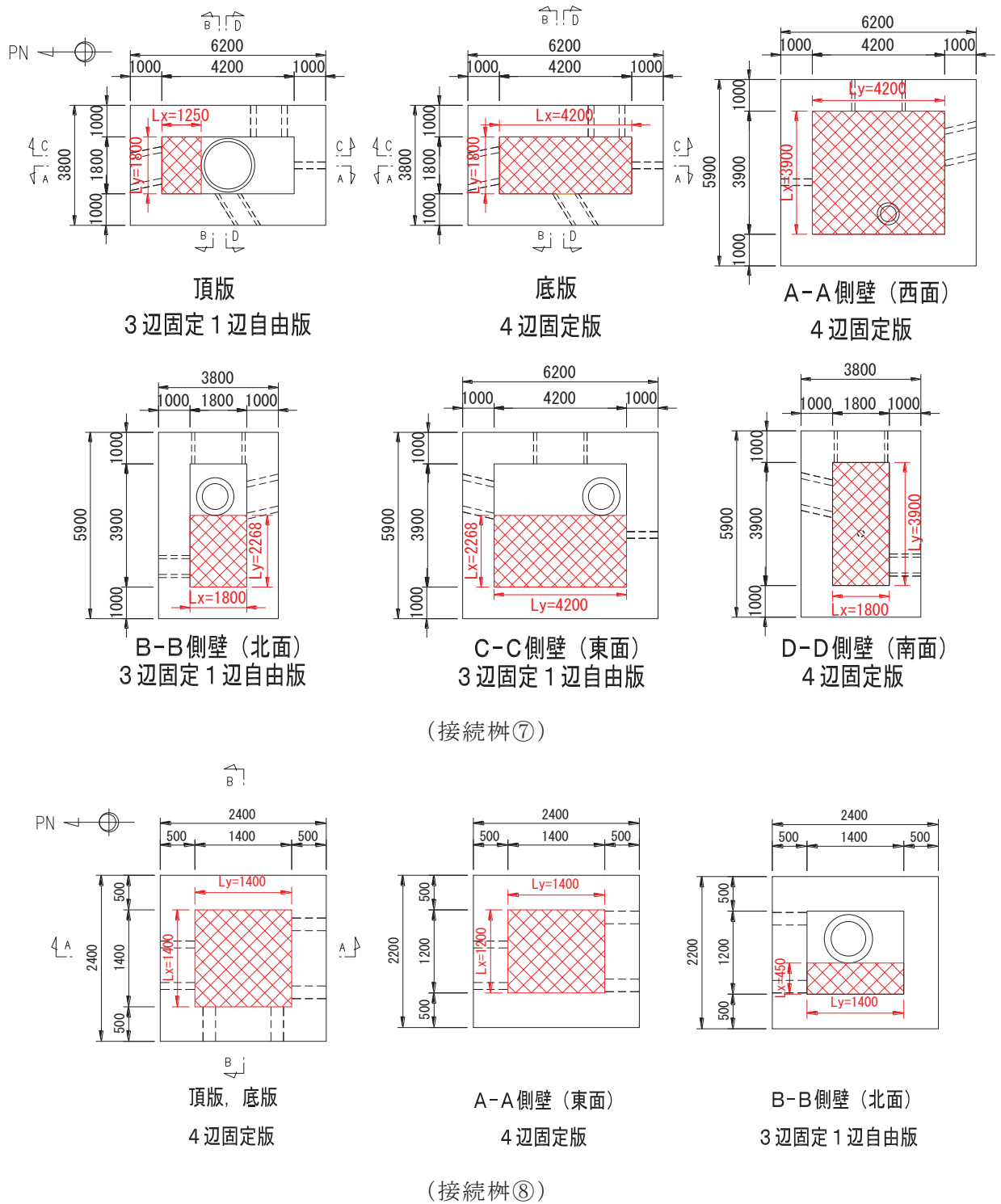
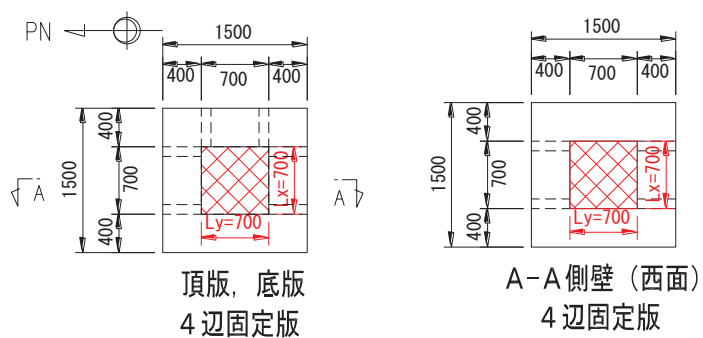


図 3-7(4) 接続桁の解析モデル (Lx : 短辺, Ly : 長辺) (単位 : mm)



(接続柵⑨)

図 3-7(5) 接続柵の解析モデル (Lx : 短辺, Ly : 長辺) (単位 : mm)

### 3.5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価方法

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は接続柵を支持する基礎地盤とし、基礎地盤に生じる応力度（接地圧）が許容限界以下であることを確認する。

#### 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

各接続桁の頂版，側壁，底版に生じる最大発生断面力を表 4-1 に示す。

また，曲げに対する照査結果を表 4-2，せん断に対する照査結果を表 4-3 に示す。

以上より，発生値が許容値を超えないことを確認した。

表 4-1 最大発生断面力

接続 樹	部位	地震動	解析 ケース	固定 条件	曲げモーメント (kN・m)		せん断力 (kN)	
					短辺 Lx	長辺 Ly	短辺 Lx	長辺 Ly
					①	頂版	S s - D 1	ケース②
	側壁 (東面) *	S s - D 1	ケース②	4 辺	-23.00	-23.00	136.24	136.24
	底版	S s - D 1	ケース②	4 辺	-25.76	-20.11	146.87	162.28
②	頂版	S s - D 1	ケース②	4 辺	-29.52	-20.77	154.68	181.98
	側壁 (北面) *	S s - D 1	ケース②	3 辺	-12.68	-19.37	103.59	105.07
	底版	S s - D 1	ケース②	4 辺	-30.12	-21.20	157.85	185.72
③	頂版	S s - D 1	ケース②	4 辺	-73.98	-73.98	287.43	287.43
	側壁 (西面) *	S s - D 1	ケース②	3 辺	-51.74	-78.70	219.05	241.00
	底版	S s - D 1	ケース②	4 辺	-79.23	-79.23	307.83	307.83
④	頂版	S s - D 1	ケース②	4 辺	-78.32	-78.32	304.31	304.31
	側壁 (西面) *	S s - D 1	ケース②	4 辺	-43.78	-38.84	164.76	170.23
	底版	S s - D 1	ケース②	4 辺	-81.10	-81.10	315.08	315.08
⑤	頂版	S s - D 1	ケース②	4 辺	-19.56	-19.56	101.31	101.31
	側壁 (東面) *	S s - D 1	ケース②	4 辺	-12.36	-12.36	64.01	64.01
	底版	S s - D 1	ケース②	4 辺	-20.04	-20.04	103.79	103.79
⑥	頂版	S s - D 1	ケース②	4 辺	-31.93	-22.47	167.31	196.85
	側壁 (西面) *	S s - D 1	ケース②	4 辺	-20.13	-14.16	105.45	124.06
	底版	S s - D 1	ケース②	4 辺	-32.53	-22.89	170.47	200.56
⑦	頂版	S s - D 1	ケース③	3 辺	-162.34	-247.78	430.62	405.06
	側壁 (東面) *	S s - D 1	ケース③	3 辺	-569.41	-809.33	868.62	1020.91
	底版	S s - D 1	ケース③	4 辺	-269.67	-185.20	409.14	632.62
⑧	頂版	S s - D 1	ケース③	4 辺	-81.12	-81.12	315.17	315.17
	側壁 (東面) *	S s - D 1	ケース③	4 辺	-45.49	-40.36	171.20	176.88
	底版	S s - D 1	ケース③	4 辺	-83.91	-83.91	326.02	326.02
⑨	頂版	S s - D 1	ケース②	4 辺	-21.08	-21.08	109.18	109.18
	側壁 (西面) *	S s - D 1	ケース②	4 辺	-13.27	-13.27	68.73	68.73
	底版	S s - D 1	ケース②	4 辺	-21.55	-21.55	111.63	111.63

注記\* : 最も照査値が厳しくなる面について記載。

表 4-2 評価結果（曲げモーメント照査）

接続桧	部位	地震動	解析 ケース	配筋	コンクリート			鉄筋		
					照査用 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許 容応力 度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査 値 $\sigma_c /$ $\sigma_{ca}$	照査用 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許 容応力 度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査 値 $\sigma_s /$ $\sigma_{sa}$
①	頂版	S s - D 1	ケース②	D16@150	1.0	11.75	0.09	35.0	294	0.12
	側壁（東面）*	S s - D 1	ケース②		2.3	11.75	0.20	78.7	294	0.27
	底版	S s - D 1	ケース②		2.6	11.75	0.23	88.1	294	0.30
②	頂版	S s - D 1	ケース②	D16@150	3.0	11.75	0.26	101.0	294	0.35
	側壁（北面）*	S s - D 1	ケース②		1.9	11.75	0.17	66.3	294	0.23
	底版	S s - D 1	ケース②		3.0	11.75	0.26	103.0	294	0.36
③	頂版	S s - D 1	ケース②	D25@150	2.0	11.75	0.18	58.3	294	0.20
	側壁（西面）*	S s - D 1	ケース②		2.1	11.75	0.18	62.0	294	0.22
	底版	S s - D 1	ケース②		2.1	11.75	0.18	62.4	294	0.22
④	頂版	S s - D 1	ケース②	D19@150	2.8	11.75	0.24	106.6	294	0.37
	側壁（西面）*	S s - D 1	ケース②		1.6	11.75	0.14	59.6	294	0.21
	底版	S s - D 1	ケース②		2.9	11.75	0.25	110.4	294	0.38
⑤	頂版	S s - D 1	ケース②	D19@300	1.8	11.75	0.16	73.5	294	0.25
	側壁（東面）*	S s - D 1	ケース②		1.2	11.75	0.11	46.4	294	0.16
	底版	S s - D 1	ケース②		1.9	11.75	0.17	75.3	294	0.26
⑥	頂版	S s - D 1	ケース②	外 D19@200×300 内 D22@200×300	3.2	13.25	0.25	113.2	294	0.39
	側壁（西面）*	S s - D 1	ケース②	外 D16@200×300 内 D16@200×300	2.4	13.25	0.19	100.4	294	0.35
	底版	S s - D 1	ケース②	外 D19@200×300 内 D22@200×300	3.3	13.25	0.25	115.3	294	0.40
⑦	頂版	S s - D 1	ケース③	外 D32@200 内 D22@200	2.1	13.25	0.16	76.8	294	0.27
	側壁（東面）*	S s - D 1	ケース③		6.8	13.25	0.52	251.0	294	0.86
	底版	S s - D 1	ケース③		2.3	13.25	0.18	83.6	294	0.29
⑧	頂版	S s - D 1	ケース③	D25@200	2.5	13.25	0.19	84.2	294	0.29
	側壁（東面）*	S s - D 1	ケース③	D16@200	2.2	13.25	0.17	115.9	294	0.40
	底版	S s - D 1	ケース③	D25@200	2.6	13.25	0.20	87.1	294	0.30
⑨	頂版	S s - D 1	ケース②	D22@300	1.8	16.5	0.11	60.0	294	0.21
	側壁（西面）*	S s - D 1	ケース②	D22@300	1.1	16.5	0.07	37.8	294	0.13
	底版	S s - D 1	ケース②	D22@300	1.8	16.5	0.11	61.3	294	0.21

注記\*：最も照査値が厳しくなる面について記載。

表 4-3 評価結果（せん断照査）

接続 桁	部位	地震動	解析 ケース	せん断補強筋	照査用せん断力 V (kN)	せん断 耐力 V <sub>a</sub> (kN)	照査値 V/V <sub>a</sub>
①	頂版	S s - D 1	ケース②	D13@150（千鳥）	75.12	248.4	0.31
	側壁（東面）*	S s - D 1	ケース②		136.24	248.4	0.55
	底版	S s - D 1	ケース②		162.28	248.4	0.66
②	頂版	S s - D 1	ケース②	D13@150（千鳥）	181.98	248.4	0.74
	側壁（北面）*	S s - D 1	ケース②		105.07	248.4	0.43
	底版	S s - D 1	ケース②		185.72	248.4	0.75
③	頂版	S s - D 1	ケース②	D16@150（千鳥）	287.43	602.9	0.48
	側壁（西面）*	S s - D 1	ケース②		241.00	602.9	0.40
	底版	S s - D 1	ケース②		307.83	602.9	0.52
④	頂版	S s - D 1	ケース②	D16@150（千鳥）	304.31	602.9	0.51
	側壁（西面）*	S s - D 1	ケース②		170.23	602.9	0.29
	底版	S s - D 1	ケース②		315.08	602.9	0.53
⑤	頂版	S s - D 1	ケース②	D16@300	101.31	251.4	0.41
	側壁（東面）*	S s - D 1	ケース②		64.01	251.4	0.26
	底版	S s - D 1	ケース②		103.79	251.4	0.42
⑥	頂版	S s - D 1	ケース②	D19@200×300	196.85	347.8	0.57
	側壁（西面）*	S s - D 1	ケース②	D13@200×300(千鳥)	124.06	129.1	0.97
	底版	S s - D 1	ケース②	D19@200×300	200.56	347.8	0.58
⑦	頂版	S s - D 1	ケース③	D19@200×400	430.62	1086.2	0.40
	側壁（東面）*	S s - D 1	ケース③		1020.91	1086.2	0.94
	底版	S s - D 1	ケース③		634.62	1086.2	0.59
⑧	頂版	S s - D 1	ケース③	D16@200	315.17	671.1	0.47
	側壁（東面）*	S s - D 1	ケース③	D16@200（千鳥）	176.88	398.2	0.45
	底版	S s - D 1	ケース③	D16@200	326.02	671.1	0.49
⑨	頂版	S s - D 1	ケース②	D19@300	109.18	351.8	0.32
	側壁（西面）*	S s - D 1	ケース②		68.73	351.8	0.20
	底版	S s - D 1	ケース②		111.63	351.8	0.32

注記\*：最も照査値が厳しくなる面について記載。



#### 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評価結果を表 4-4 に示す。

接続桁の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 4-4 地盤の支持性能評価結果

接続桁	地震動	解析 ケース	最大接地圧 $R_a$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 $R_{ua}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_a/R_{ua}$
①	S s - D 1	ケース②	0.8	13.7	0.06
②	S s - D 1	ケース②	0.8	13.7	0.06
③	S s - D 1	ケース②	0.8	13.7	0.06
④	S s - D 1	ケース②	0.9	13.7	0.07
⑤	S s - D 1	ケース②	0.8	13.7	0.06
⑥	S s - D 1	ケース②	0.9	1.8	0.50
⑦	S s - D 1	ケース③	1.1	11.4	0.10
⑧	S s - D 1	ケース③	0.9	11.4	0.08
⑨	S s - D 1	ケース②	0.9	1.8	0.50