

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 427

November 2007

## 平成 17 年(2005 年)福岡県西方沖地震におけるダムの挙動

水資源研究室

Behaviors of Dams during the West Off Fukuoka Pref. Earthquake

Water Management and Dam Division

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

## 平成 17 年(2005 年)福岡県西方沖地震におけるダムの挙動

安田 成夫<sup>\*)</sup>  
島本 和仁<sup>\*\*)</sup>  
佐野 貴之<sup>\*\*\*)</sup>  
吉岡 英貴<sup>\*\*\*\*)</sup>  
原山 之克<sup>\*\*\*\*\*)</sup>

### Behaviors of Dams during the West Off Fukuoka Pref. Earthquake

Nario Yasuda  
Kazuhito Shimamoto  
Takayuki Sano  
Hidetaka Yoshioka  
Yukikatsu Harayama

#### 概要

本資料は、福岡県西方沖地震(平成 17 年)3 月 20 日における地震動の特徴を整理し、応答倍率の大きな 3 つの重力式コンクリートダムの加速度記録について、2 次元有限要素法による動的応答解析を行い、ダムの挙動について考察を行うものである。

キーワード：福岡県西方沖地震，地震動，応答倍率，重力式コンクリートダム

#### Synopsis

An earthquake called The West Off Fukuoka Pref. Earthquake occurred on March 20, 2005. We describe the behaviors of dams during this earthquake and analyze three concrete gravity dams with large response ratio by two dimensional FEM.

Key Words : The West off Fukuoka Pref. Earthquake, Earthquake Motion, Response Ratio  
Concrete Gravity Dam

---

河川研究部 水資源研究室 Water Management and Dam Division, River Department

<sup>*)</sup> 室長	Head
<sup>**)</sup> 主任研究官	Senior Researcher
<sup>***)</sup> 前) 主任研究官	Senior Researcher
<sup>****)</sup> 前) 研究官	Researcher
<sup>*****)</sup> 前) 交流研究員	Guest Research Engineer

## まえがき

大規模地震による大地震動に対するダムの耐震性能の照査方法を体系的に示した『大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)』<sup>1)</sup>が、2005年3月、国土交通省河川局治水課より各地方整備局等に通知された。

指針(案)では、照査に用いる地震動やそれに対して確保すべき耐震性能、地震応答解析等による耐震性能照査の方法等、照査の基本的な方法について規定されている。よって、ダムの地震時挙動をより正確に再現する必要がある。そのためには地震応答解析手法の信頼性が重要となる<sup>2)</sup>。

2005年3月20日午前10時53分頃、福岡県西方沖を震源(北緯33.739°、東経130.176°、震源深さ9.2km)としたマグニチュード7.0の地震が発生した。この地震において、河川管理施設等構造令の弱震帯地域に属する、山口県・福岡県・佐賀県・長崎県・熊本県などのダムで地震観測記録が多数収集された。

震央から南東38kmに位置する鳴淵ダムでは、上下流方向水平成分の最大加速度がダム基礎部で73gal、ダム天端で734gal、ダム基礎部とダム天端の最大加速度の比(応答倍率)が約10倍である加速度記録が観測された。同様に、震央から南47kmに位置する巖木ダムでは、基礎部で50gal、天端で421gal、応答倍率が約8倍、震央から南南東28kmに位置する瑞梅寺ダムでは、基礎部で68gal、天端で609gal、応答倍率が約9倍である加速度記録が観測された。いずれも重力式コンクリートダムである。

松本他<sup>3)</sup>は、1978年～2000年までのダムサイトで観測された加速度記録を統計的な処理を行い、応答倍率に関する傾向を整理している。すなわち、入力が大きくなると、応答倍率が小さくなるという非線形性を明らかにしている。

そこで本資料は、福岡県西方沖地震における地震動の特徴を整理し、応答倍率の大きな3つの重力式コンクリートダムの加速度記録について、2次元有限要素法による動的応答解析を行い、ダムの挙動について考察を行うものである。

平成19年11月

国土技術政策総合研究所河川研究部 水資源研究室長 安田 成夫

# 目次

頁

1	福岡県西方沖地震の概要	1
2	ダムで観測された地震動	3
2.1	ダムの臨時点検結果	3
2.2	最大加速度の距離減衰特性	6
2.3	応答倍率	8
3	ダムの応答解析	10
3.1	解析手法	10
3.2	解析対象	11
3.2.1	諸元	11
3.2.2	地震計	11
3.2.3	加速度記録	16
4	解析モデルと物性値	23
4.1	解析モデル	23
4.2	物性値	26
4.3	固有値解析	28
5	解析結果と考察	29
5.1	鳴淵ダム	29
5.2	巖木ダム	32
5.3	瑞梅寺ダム	35
6	まとめ	38

## 謝辞

## 参考文献

## 巻末資料

巻末資料1 観測記録一覧

巻末資料2 各ダムの計算ケース結果

付録CD-ROM 加速度時刻暦, フーリエスペクトル, パワースペクトル, 加速度応答スペクトル

本文

# 1. 福岡県西方沖地震の概要

2005年3月20日午前10時53分頃、福岡県西方沖（福岡市の北西約30km）を震源とする地震が発生した。震源の深さは9km、地震の規模はマグニチュード（M）7.0と推定されている。この地震により、福岡県福岡市の東区、中央区、前原市、佐賀県みやき町で震度6弱を観測したほか、九州地方から関東地方の一部にかけて震度5強～1を観測した。（図-1.1）<sup>4)</sup>

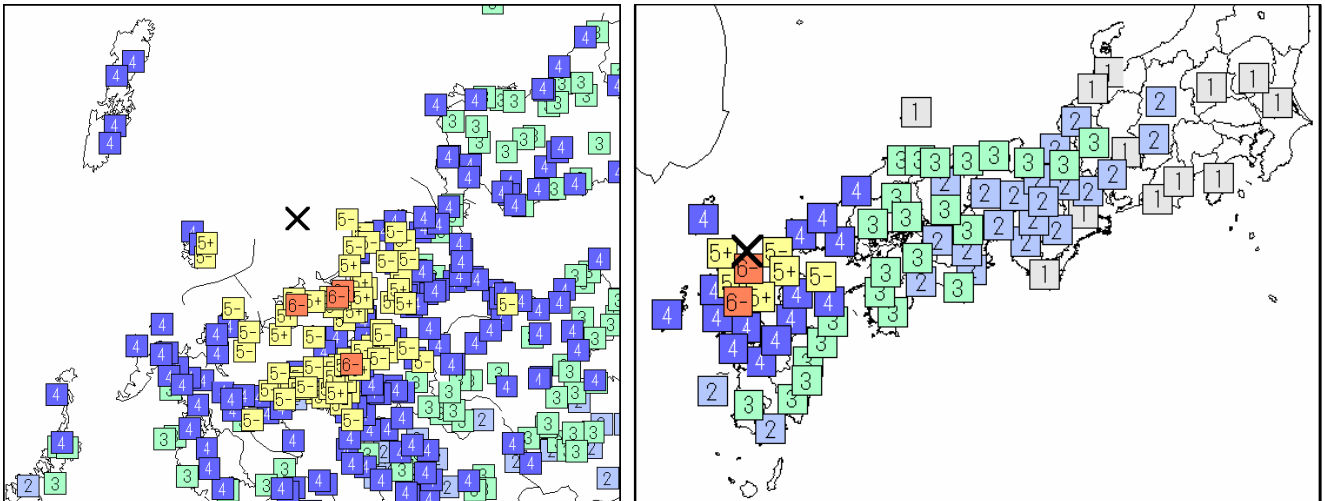


図-1.1 震度分布（「気象庁報道発表資料」<sup>4)</sup>より）

余震活動として、MT図（図-1.2）、震度1以上を観測した地震発生回数（図-1.3）を下に示す。<sup>5)</sup> 最大余震は、4月20日6時11分頃にM5.8（最大震度5強）が発生した。

本震及び余震は北西－南東方向に約30kmの範囲内に分布しており、本震は余震分布の中央部やや北西寄りに位置している。本震の発震機構は東北東－西南西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層を示しており、震源分布から、北西－南東方向のほぼ垂直に立った断層面の左横ずれ断層運動（図-1.4）と推定されている。<sup>6)</sup> 本震及び余震の震源は、図-1.5のとおり分布している。

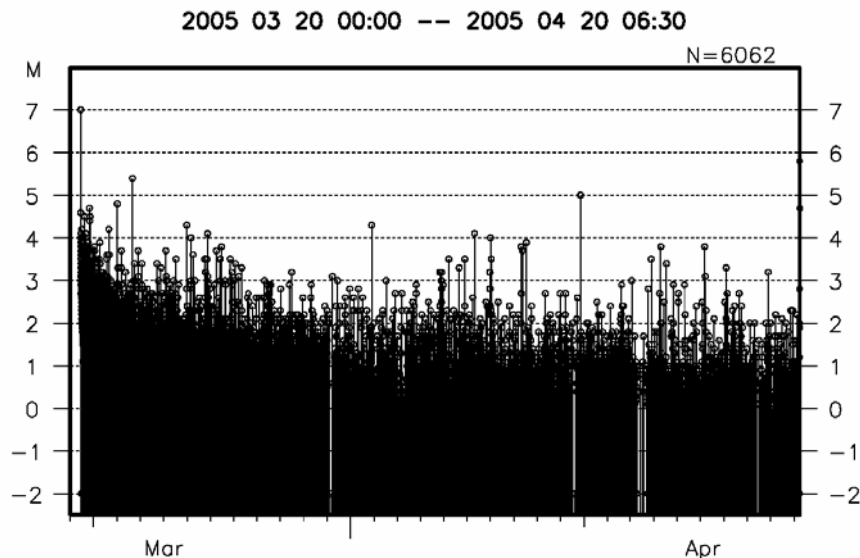


図-1.2 MT図（横軸は時間、縦軸はMを表す）

（「気象庁 報道発表資料」<sup>5)</sup>より）

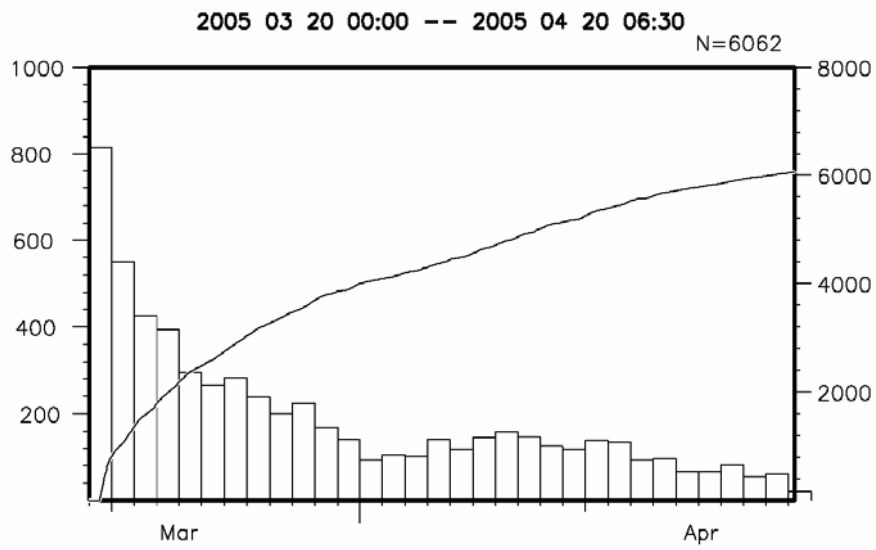


図-1.3 地震発生回数  
(「気象庁 報道発表資料」<sup>5)</sup> より)

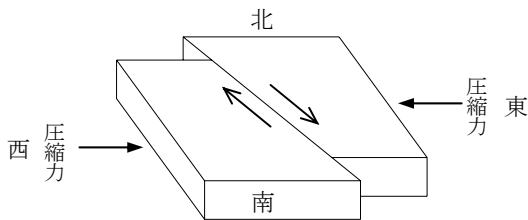


図-1.4 左横ずれ断層

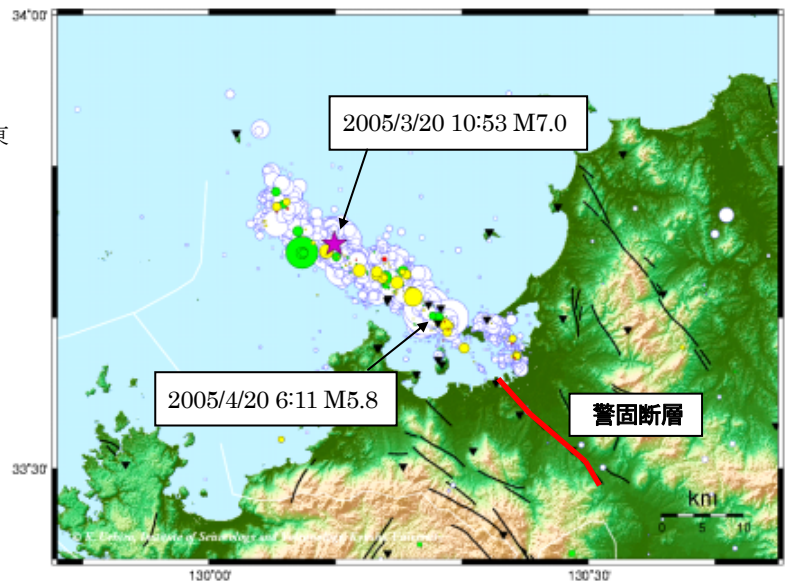


図-1.5 震源位置 (H17.5.31 時点)  
(「九州大学地震火山観測研究センターHP」<sup>7)</sup> に加筆)

## 2. ダムで観測された地震動

### 2.1 ダムの臨時点検結果

2005年福岡県西方沖地震時において、地震後のダム臨時点検を行い、加速度記録が得られた67ダムの位置と最大加速度と震源距離を表-2.1に示す。また、これらのダムの地理的分布を図-2.1に示す。図-2.1には、気象庁発表による震度分布も記入してある。なお、入手した記録は、巻末資料1に記録一覧を、付録CD-ROMに記録データ及びその時刻歴波形図、フーリエスペクトル図、パワースペクトル図、加速度応答スペクトル図を添付する。

表-2.1 臨時点検実施の加速度記録観測ダム(1/2)

ダム名	所管	形式*1	堤高(m)	緯度			経度			基礎最大加速度 (gal)				震源距離*2 (km)
				°	'	"	°	'	"	水平			鉛直	
										平均	x	y		
松原	直轄	G	83.0	33	11	39	130	59	38	10	10	10	6	97.51
下笠	直轄	A	98.0	33	9	37	130	59	5	9	7	11	6	99.26
耶馬溪	直轄	G	62.0	33	26	49	131	7	26	35.5	39	32	17	94.05
巖木	直轄	G	117.0	33	19	41	130	6	8	45	39	51	45	47.11
竜門	直轄	G	99.5	33	2	10	130	50	58	9.05	8.8	9.3	6.4	100.50
島地川	直轄	G	89.0	34	10	13	131	46	31	10	10	10	10.8	155.36
弥栄	直轄	G	120.0	34	14	2	132	9	48	5.35	4	6.7	6	191.51
寺内	機構	R	83.0	33	25	43	130	43	23	28.05	32.4	23.7	27.8	61.99
有田	佐賀県	G	27.5	33	11	54	129	53	43	46.85	36.7	57	28.8	66.15
本部	佐賀県	G	42.1	33	16	0	130	0	34	27	19	35	19	55.51
横竹	佐賀県	G	57.0	33	3	34	130	2	17	21.7	23.7	19.7	18.6	77.18
矢筈	佐賀県	G	32.5	33	8	33	129	57	1	19.5	14	25	10	70.15
深浦	佐賀県	G	26.0	33	8	19	130	6	12	41.05	23.7	58.4	24.1	67.72
伊岐佐	佐賀県	G	58.5	33	22	4	130	2	34	42.75	31	54.5	40.8	44.05
狩立・日の峰	佐賀県	G	28.4	33	10	54	129	55	46	79.6	70.6	88.6	50.8	66.69
都川内	佐賀県	G	31.5	33	15	38	129	54	19	52.15	41.9	62.4	39.6	59.53
市房	熊本県	G	78.5	32	19	12	131	0	46	3.6	4	3.2	4.2	176.23
亀川	熊本県	G	37.0	32	25	55	130	8	4	5.5	5	6	3	145.66
石打	熊本県	G	38.5	32	38	37	130	31	9	8.5	6	11	4	126.24
上津浦	熊本県	G	54.0	32	29	13	130	19	0	5.2	6.2	4.2	4.3	140.12
鳴淵	福岡県	G	67.4	33	37	32	130	33	11	61	49	73	53	38.22
猪野	福岡県	G	79.9	33	41	0	130	31	13	62	62	62	57	33.72
力丸	福岡県	G	49.5	33	41	23	130	37	37	37.65	35.6	39.7	34.9	43.06
犬鳴	福岡県	G	76.5	33	41	16	130	33	34	86.75	94.2	79.3	65.6	37.08
瑞梅寺	福岡県	G	64.0	33	30	13	130	14	51	80.5	93	68	77	28.52
ます淵	福岡県	G	60.0	33	45	44	130	50	20	28.95	31.2	26.7	27.7	62.02
油木	福岡県	G	54.6	33	33	21	130	53	38	31	20	42	29	70.10
陣屋	福岡県	G	48.5	33	31	39	130	50	42	47.85	41.7	54	42.1	66.88
南畑	福岡県	G	63.5	33	26	4	130	25	30	52.5	35	70	42	41.99
山神	福岡県	G	59.0	33	27	16	130	29	10	55	44	66	51	43.71
牛頸	福岡県	R	52.7	33	29	11	130	28	52	41.5	45	38	31	40.88
北谷	福岡県	G	39.0	33	32	44	130	33	21	55	54	56	50	42.23
福智山	福岡県	G	64.5	33	45	24	130	47	0	23.5	24	23	25	56.93
日向神	福岡県	G	79.5	33	10	34	130	46	49	19.35	17.4	21.3	20.9	84.52



表-2.1 臨時点検実施の加速度記録観測ダム(1/2)

ダム名	所管	形式 *1	堤高 (m)	緯度			経度			基礎最大加速度 (gal)				震源 距離*2 (km)
				°	′	″	°	′	″	水平			鉛直 z	
										平均	x	y		
安岐	大分県	G	35.0	33	29	8	131	36	33	7.5	8	7	6	135.97
雪浦	長崎県	G	44.0	32	57	17	129	41	50	25	31	19	26	98.31
船津	長崎県	G	30.0	32	56	19	130	10	3	25.5	27	24	24	89.47
つづら	長崎県	G	21.6	33	13	43	129	37	23	27.5	30	25	16	77.03
永田	長崎県	G	24.0	33	45	4	129	42	17	38	37	39	36	44.55
勝本	長崎県	G	31.0	33	49	36	129	42	27	80	74	86	59	45.32
仁田	長崎県	G	33.4	34	31	42	129	23	43	33	31	35	22	113.79
け知	長崎県	G	29.0	34	15	27	129	17	33	45.5	43	48	39	100.20
目保呂	長崎県	G	40.0	34	32	46	129	22	22	23.5	21	26	16	116.62
男女岳	長崎県	G	20.3	33	50	7	129	44	56	77	61	93	46	41.92
小浦	長崎県	G	29.5	34	13	51	129	17	56	33	37	29	26	98.05
野々川	長崎県	G	24.0	33	8	51	129	55	3	28.5	29	28	21	70.60
江永	長崎県	G	30.0	33	9	35	129	50	47	37.5	23	52	20	71.89
猫山	長崎県	G	32.0	33	10	9	129	46	56	35.5	34	37	24	73.71
樋口	長崎県	G	30.0	33	16	1	129	35	21	24.5	27	22	16	76.15
大長見	島根県	G	71.5	34	49	39	132	6	33	4.2	3.8	4.6	4.4	215.10
浜田	島根県	G	58.0	34	51	58	132	7	10	5.95	7.3	4.6	5.8	218.28
佐波川	山口県	G	54.0	34	16	37	131	39	19	10.75	10.5	11	10.4	149.16
黒杭川	山口県	G	35.0	33	59	33	132	5	43	5.5	6	5	5	179.65
川上	山口県	G	63.0	34	6	31	131	47	12	7.5	9	6	6	154.45
一の坂	山口県	G	42.1	34	12	14	131	28	9	5.8	6.3	5.3	7.5	130.28
厚東川	山口県	G	38.8	34	4	19	131	16	59	14.5	14	15	9	109.04
今富	山口県	G	35.5	34	5	29	131	15	10	15.5	13	18	9	107.19
大坊	山口県	G	43.5	34	20	30	131	3	25	12.5	11	14	14	105.65
畑	利水	G	43.3	33	48	16	130	45	27	67.5	73	62	36	55.01
江川	利水	G	79.2	33	27	36	130	44	3	28.5	21	36	36	60.98
庭木	利水	G	26.2	33	7	33	129	57	35	19.5	14	25	10	71.66
湯の原	利水	G	18.5	34	8	27	131	2	38	14.5	12	17	10	92.14
宇部丸山	利水	GF	32.6	34	3	3	131	16	54	15	15	-	9	108.16
歌野川	利水	G	44.0	34	9	11	131	1	35	14.5	15	14	19	91.41
舟郡	利水	E	28.0	34	8	15	130	56	41	20.5	23	18	18	84.12
阿惣	利水	G	44.2	34	20	55	131	2	50	17.5	13	22	15	105.45
佐々並川	利水	A	67.4	34	19	26	131	30	26	11.55	10.1	13	8.9	139.13

※1) 形式の凡例は、A：アーチダム、E：アースダム、G：重力式コンクリートダム、G：重力式コンクリートダム・フィルダム  
複合ダム、R：ロックフィルダムである。

※2) 震源距離は、震源面が不明であったので震源（福岡県西方沖地震は北緯 33.739°，東経 130.176°，震源深さ 9km）と  
の最短距離として求めた。また、震央とダム地点との水平距離 Δ (km) は、球面三角法の下記の式により算出した。

$$\cos \theta = \sin \phi_E * \sin \phi_D + \cos \phi_E * \cos \phi_D * \cos (\lambda_E - \lambda_D) \quad , \quad \Delta (\text{km}) = r * \theta$$

ここで、θ：角度 (rad) であらわした水平距離、φ<sub>E</sub>、λ<sub>E</sub>、φ<sub>D</sub>、λ<sub>D</sub>：震央(E)、ダム(D)の地心緯度・経度、

Δ：水平距離、r：地球の平均半径(6370.29kmとする)

この地図は、「白地図 Ken Map V8.0」で作成しています

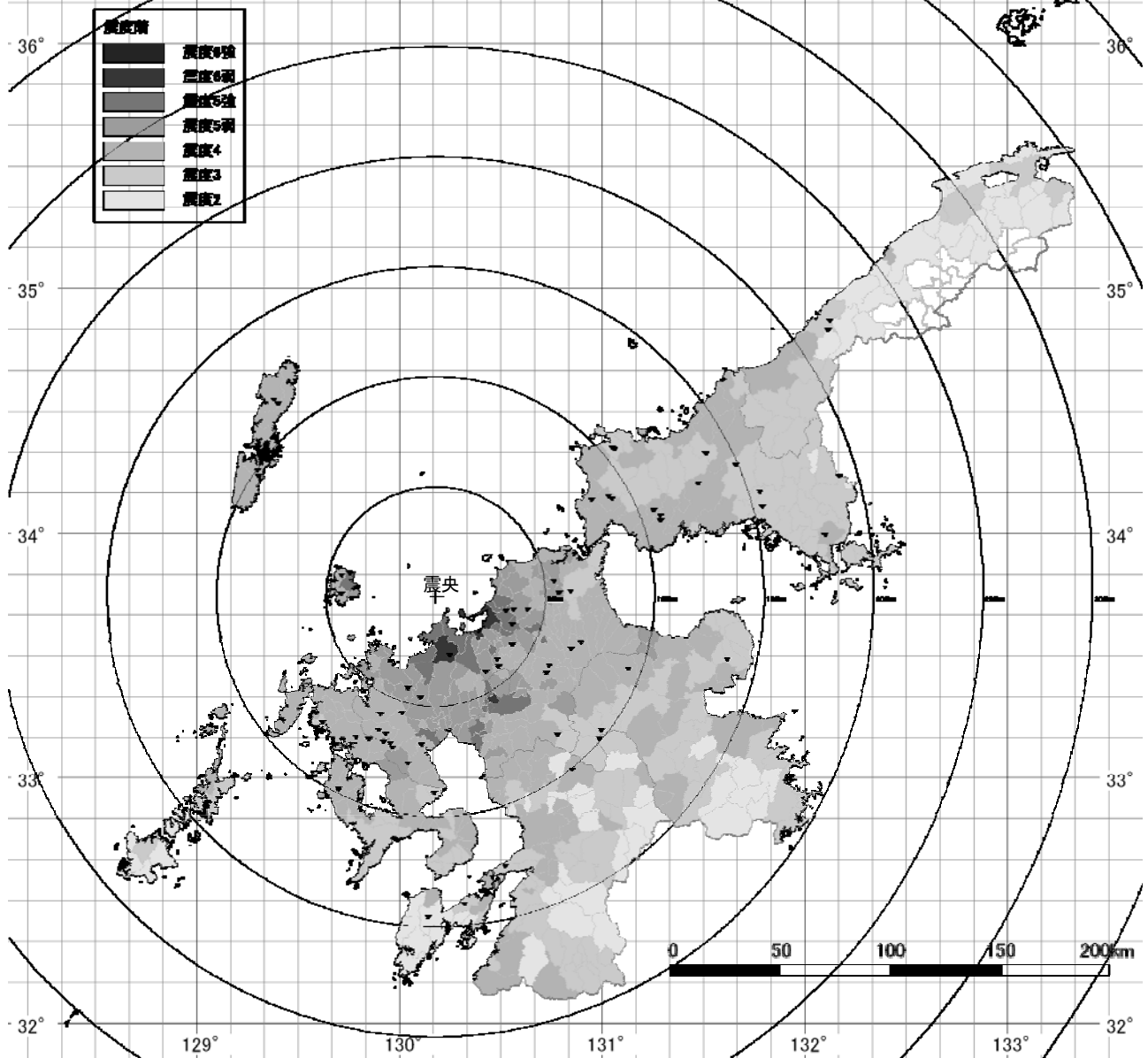


図-2.1 臨時点検実施の加速度記録観測ダム

- ※1) 震度分布は、巻末資料1から市区町村を単位として全域を同一震度階として塗りつぶす形で描いた。
- ※2) 巻末資料1より同一市区町村で複数の震度情報がある場合には、大きい震度階を採用した。
- ※3) 巻末資料1から震度情報が得られなかった市区町村のうち、市区町村合併がなされ、合併相手の市区町村が震度情報を有している場合は、合併先の市区町村の震度階と同一とした。
- ※4) 上記3)以外で震度情報がない市区町村は、周囲に接する地域の震度階で最も頻度が高いものを採用した。

## 2. 2 最大加速度の距離減衰特性

表-2.1 に示した値を用いて、ダム基礎部に設置された地震計により観測された最大加速度と、震源からダムサイトまでの距離の関係を図-2.2 に示す。水平方向の最大加速度は、上下流方向とダム軸方向の平均値として取りまとめた。図中の曲線は松本他<sup>8)</sup>の推定式を示す。松本他<sup>8)</sup>の推定式は、最大加速度の推定値の平均値 ( $\mu$ )、平均値+標準偏差 ( $\mu+\sigma$ ) と平均値-標準偏差 ( $\mu-\sigma$ ) を記載した。震源距離が約 40km~100km の範囲において  $\mu$  と  $\mu+\sigma$  の間に実測データのばらつきがあるが、相関が高い。

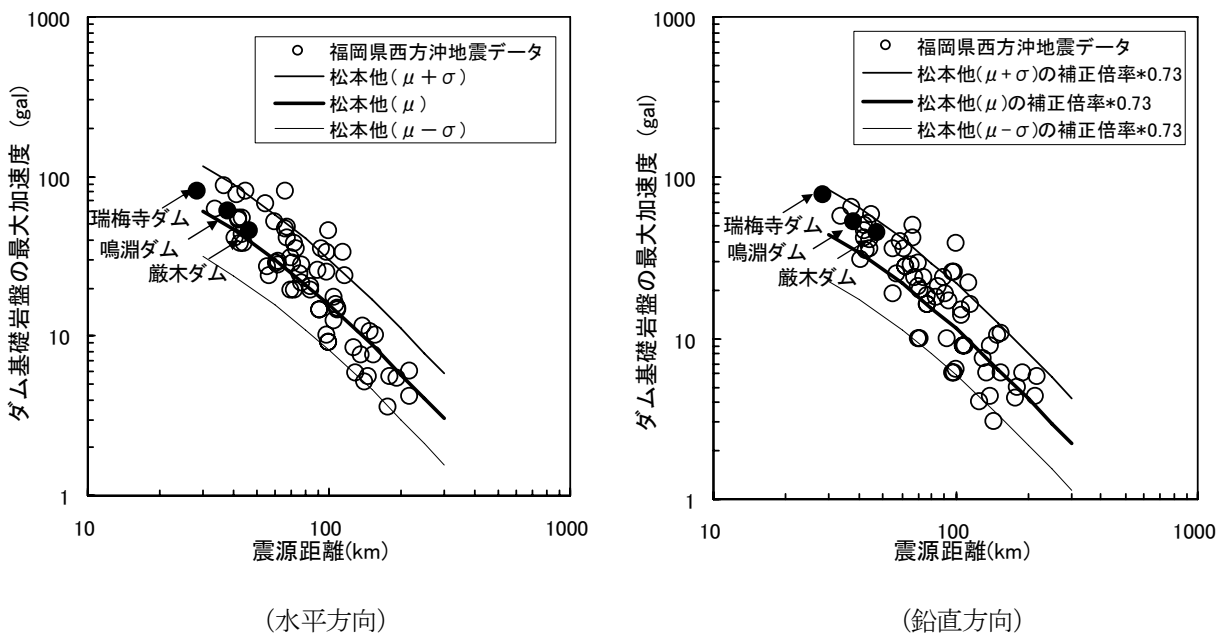


図-2.2 ダム基礎岩盤における最大加速度と震源距離の関係

※1) 松本他<sup>8)</sup>の推定式は、 $T$ ：周期=0.02(sec)時の下記最短距離による回帰式を用いた。

$$\log SA(T) = C_m(T)M + C_h(T)H_c - C_d(T)\log(R + 0.334\exp(0.653M)) + C_o(T)$$

$T$ ：周期(sec)

$SA(T)$ ：水平2成分の平均応答スペクトル

$M$ ：気象庁マグニチュード

$H_c = H (H \leq 100\text{km})$  で  $H_c = 100 (100\text{km} < H < 200\text{km})$

$H$ ：断層面中心の深さ(km) [震源面が不明であったので震源深さとした]

$R$ ：断層面までの最短距離(km) [震源面が不明であったので震源までの最短距離とした]

※2) 松本他<sup>8)</sup>の推定式の係数で地震のタイプ毎に異なる係数は内陸型を用いた。係数値一覧を下表に示す。

T	M	Hc	H
0.02	7.0	9.0	9.0

内陸型係数

Cm(T)	Ch(T)	Cd(T)	Co(T)
0.5374332	0.005470161	1.785295	1.260069

水平成分内陸型補正倍率

$\mu$	$\mu + \sigma$	$\mu - \sigma$
0.8151103	1.570459	0.423064

鉛直成分の補正係数は水平成分補正倍率に右値を掛けたもの

上下動と水平動の比
0.7309319

### 2. 3 応答倍率

表-2.1 に示した臨時点検実施の加速度記録観測 67 ダムのうち、重力式コンクリートダムは 61 あり、基礎部および天端において加速度記録を観測したダムは 47 あった。この 47 ダムのダム基礎部および天端の加速度記録とダム基礎部とダム天端の最大加速度の比（応答倍率）を表-2.2 に示す。

表-2.2 に示した値を用いて、重力式コンクリートダムにおけるダム基礎部の最大加速度と、ダム基礎部とダム天端の最大加速度の比（応答倍率）の関係を図-2.3 に示す。図中の曲線は松本他<sup>3)</sup>による応答倍率の包絡値を示す。

鳴淵ダム・巖木ダム・瑞梅寺ダムの応答倍率は、松本他<sup>3)</sup>が示した包絡値にほぼ等しい。

応答倍率には、入力地震動の大きさや周波数特性、材料の減衰、貯水による逸散減衰等が影響するが、ここでは入力地震動の大きさが応答倍率に与える影響を見た<sup>3)</sup>。

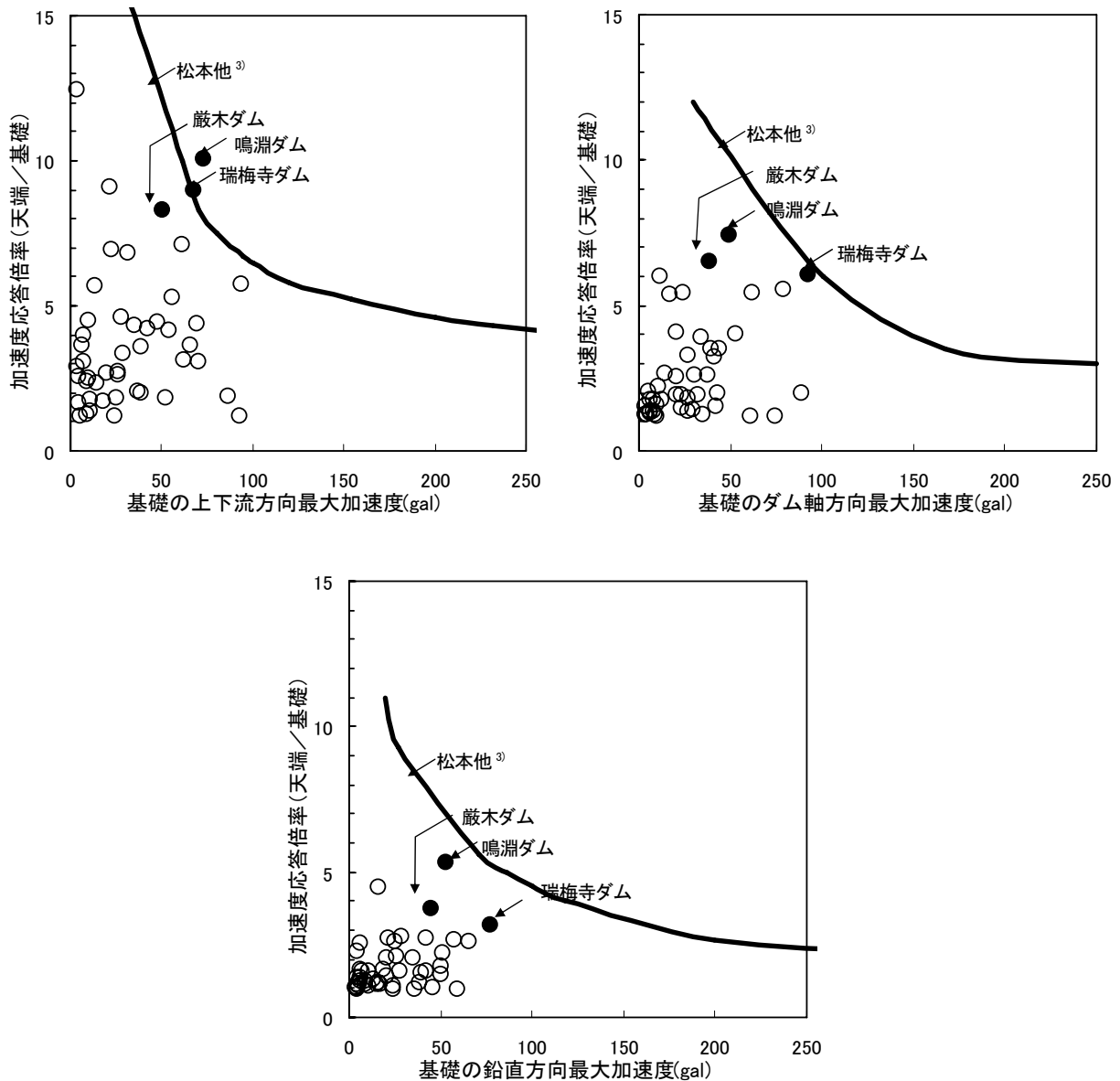


図-2.3 重力式コンクリートダムにおける応答倍率

表-2.2 ダム基礎部および天端において加速度記録を観測した重力式コンクリートダムの最大加速度と応答倍率

ダム名	所管	堤高 (m)	ダム基礎部加速度(gal)			天端加速度(gal)			応答倍率(天端/基礎)		
			上下流	ダム軸	鉛直	上下流	ダム軸	鉛直	上下流	ダム軸	鉛直
松原	直轄	83.0	10.0	10.0	6.0	25.0	16.0	8.0	2.5	1.6	1.3
耶馬溪	直轄	62.0	39.0	32.0	17.0	140.1	61.1	19.7	3.6	1.9	1.2
巖木	直轄	117.0	50.8	38.8	44.9	421.0	252.1	169.0	8.3	6.5	3.8
竜門	直轄	99.5	8.8	9.3	6.4	10.9	11.6	7.8	1.2	1.2	1.2
島地川	直轄	89.0	10.0	10.0	10.8	45.0	12.0	17.4	4.5	1.2	1.6
弥栄	直轄	120.0	4.0	6.7	6.0	49.7	11.7	15.3	12.4	1.7	2.6
横竹	佐賀県	57.0	19.7	23.7	18.6	52.2	35.1	30.2	2.6	1.5	1.6
狩立	佐賀県	28.4	70.6	88.6	50.8	216.8	175.7	73.6	3.1	2.0	1.4
都川内	佐賀県	31.5	62.4	41.9	39.6	194.3	65.2	60.3	3.1	1.6	1.5
市房	熊本県	78.5	4.0	3.2	4.2	11.7	3.9	4.1	2.9	1.2	1.0
亀川	熊本県	37.0	5.5	4.9	3.4	6.6	6.2	3.5	1.2	1.3	1.0
石打	熊本県	38.5	10.8	5.7	4.1	19.1	11.7	9.2	1.8	2.1	2.2
上津浦	熊本県	54.0	6.2	4.2	4.3	22.4	109.4	4.9	3.6	26.0	1.1
鳴淵	福岡県	67.4	73.0	49.2	53.1	734.0	364.5	282.9	10.1	7.4	5.3
猪野	福岡県	79.9	61.6	62.3	57.4	438.6	339.8	153.2	7.1	5.5	2.7
力丸	福岡県	49.5	35.6	39.6	34.9	154.6	139.4	72.0	4.3	3.5	2.1
犬鳴	福岡県	76.5	94.1	79.2	65.6	537.9	439.7	170.9	5.7	5.6	2.6
瑞梅寺	福岡県	64.0	68.1	92.9	77.3	609.6	560.6	244.9	9.0	6.0	3.2
ます淵	福岡県	60.0	31.2	26.7	27.7	213.6	88.2	44.5	6.8	3.3	1.6
油木	福岡県	54.6	42.3	20.3	29.1	178.0	83.2	81.3	4.2	4.1	2.8
陣屋	福岡県	48.5	54.0	41.7	42.1	225.4	134.1	66.9	4.2	3.2	1.6
南畑	福岡県	63.5	69.7	34.6	42.3	306.9	134.5	115.8	4.4	3.9	2.7
山神	福岡県	59.0	66.3	44.1	50.9	241.8	155.8	113.3	3.6	3.5	2.2
北谷	福岡県	39.0	56.2	53.5	50.0	296.9	216.5	88.7	5.3	4.0	1.8
福智山	福岡県	64.5	23.0	24.0	25.0	159.0	131.0	65.0	6.9	5.5	2.6
日向神	福岡県	79.5	21.3	17.4	20.9	194.1	93.6	29.4	9.1	5.4	1.4
安岐	大分県	35.0	7.0	8.0	6.0	28.0	11.0	10.0	4.0	1.4	1.7
船津	長崎県	30.0	24.0	27.0	24.0	29.0	36.0	23.0	1.2	1.3	1.0
つづら	長崎県	21.6	25.0	30.0	16.0	46.0	42.0	19.0	1.8	1.4	1.2
永田	長崎県	24.0	38.6	26.8	35.9	76.8	47.8	35.3	2.0	1.8	1.0
勝本	長崎県	31.0	86.2	74.3	59.4	159.2	87.8	58.6	1.8	1.2	1.0
け知	長崎県	29.0	47.7	43.3	38.6	211.2	85.7	46.9	4.4	2.0	1.2
目保呂	長崎県	40.0	26.0	21.0	16.0	71.0	54.0	72.0	2.7	2.6	4.5
男女岳	長崎県	20.3	92.6	61.0	45.7	112.1	73.6	46.3	1.2	1.2	1.0
小浦	長崎県	29.5	29.0	37.4	26.2	97.8	97.5	54.8	3.4	2.6	2.1
野々川	長崎県	24.0	28.2	30.3	21.6	130.4	78.3	58.9	4.6	2.6	2.7
江永	長崎県	30.0	52.2	23.2	20.7	94.6	44.4	41.8	1.8	1.9	2.0
猫山	長崎県	32.0	37.4	34.9	24.2	77.1	42.7	26.3	2.1	1.2	1.1
樋口	長崎県	30.0	26.6	20.6	15.3	70.0	39.9	16.9	2.6	1.9	1.1
大長見	島根県	71.5	4.6	3.8	4.4	11.7	5.9	6.1	2.5	1.6	1.4
佐波川	山口県	54.0	11.0	10.5	10.4	14.8	22.9	11.1	1.3	2.2	1.1
黒杭川	山口県	35.0	4.8	6.4	4.6	7.9	8.3	4.8	1.6	1.3	1.0
川上	山口県	63.0	9.0	6.1	5.7	21.7	8.3	6.2	2.4	1.4	1.1
一の坂	山口県	42.1	7.4	8.1	7.3	22.6	14.0	11.7	3.1	1.7	1.6
厚東川	山口県	38.8	14.8	14.1	8.9	34.3	37.7	10.9	2.3	2.7	1.2
今富	山口県	35.5	17.6	13.0	9.0	29.8	22.8	10.1	1.7	1.8	1.1
大坊	山口県	43.5	13.7	11.3	13.6	78.2	67.9	17.8	5.7	6.0	1.3

### 3. ダムの応答解析

#### 3.1 解析手法

今回用いた解析コードは、SuperFlush/2D<sup>9)</sup>である。剛性と減衰定数を複素剛性係数とし、これらを一つの剛性として表現した解析手法である複素応答解析法を用い2次元線形解析を行った。

解析の手法としては、図-3.1に示すように、①岩盤も含めたモデル化（ダムー基礎モデル）を行い、監査廊で観測された波形から基盤入力波形（基盤波）を推定し、その波を用いて応答解析を行う方法と②ダムのみモデルを用い、ダム底面に監査廊で測定された波形を入力する方法の2種類を用いて、再現性の検討を行った。

①ダムー基礎モデルについては、地盤の境界条件は側方と底面を粘性境界とする。貯水は非圧縮性の液体要素で考慮し、貯水池の境界条件は粘性境界とする。粘性境界とは、ダムから複雑に反射した波動（Vs波、P波）をモデル境界で吸収するものである。

②ダムのみモデルについては、ダム底面を固定境界とする。貯水はZanger式による付加質量とする。

入力地震動の高周波成分が応答解析に与える影響を排除するため、解析ソフト（SuperFlush/2D）内部でフーリエ変換する際に、ある一定以上の周波数成分をカットした。

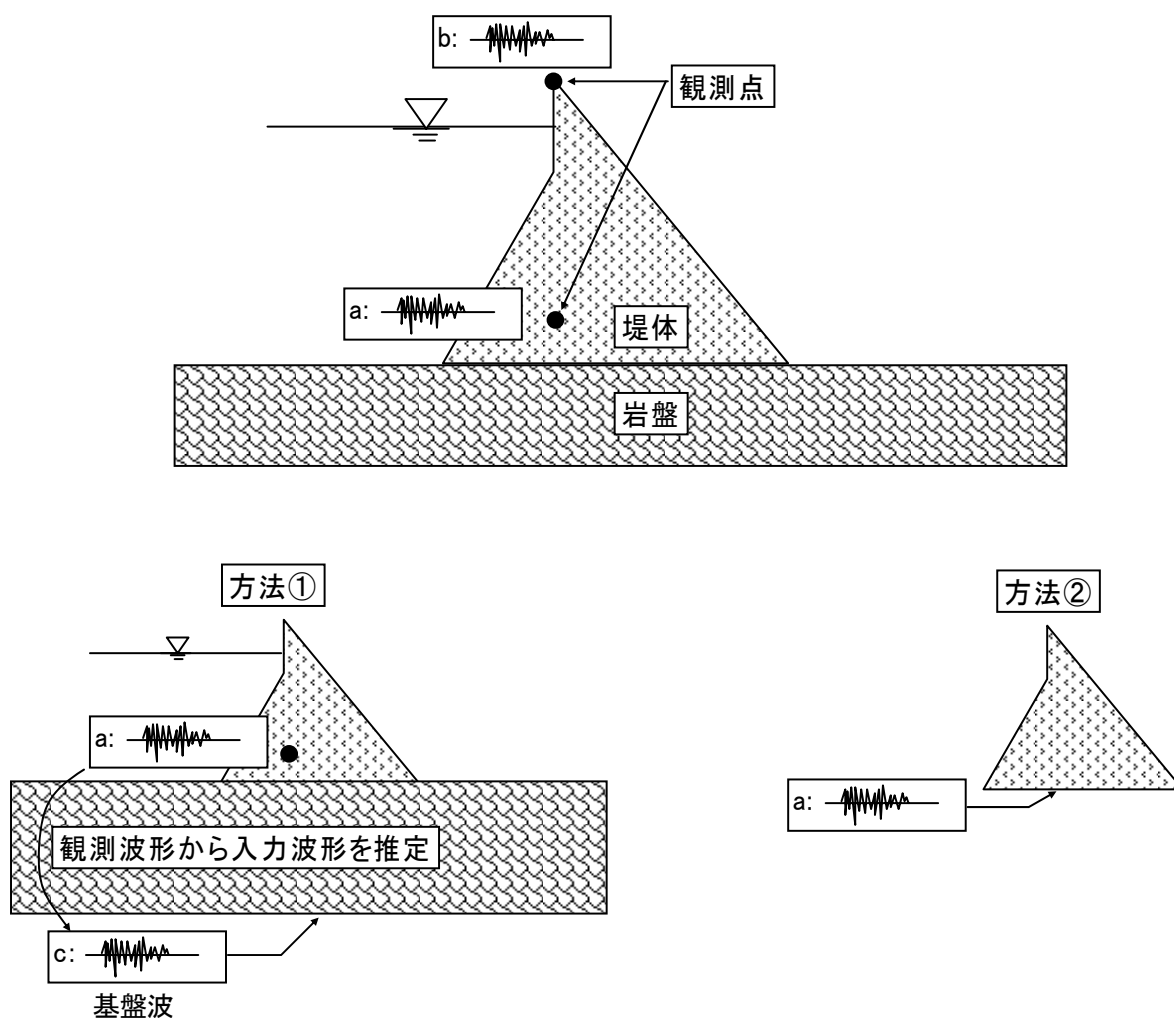


図-3.1 天端応答の再現の方法

### 3. 2 解析対象

#### 3. 2. 1 諸元

対象とする3ダムの諸元を表-3.1に示す.

表-3.1 解析対象ダムの諸元

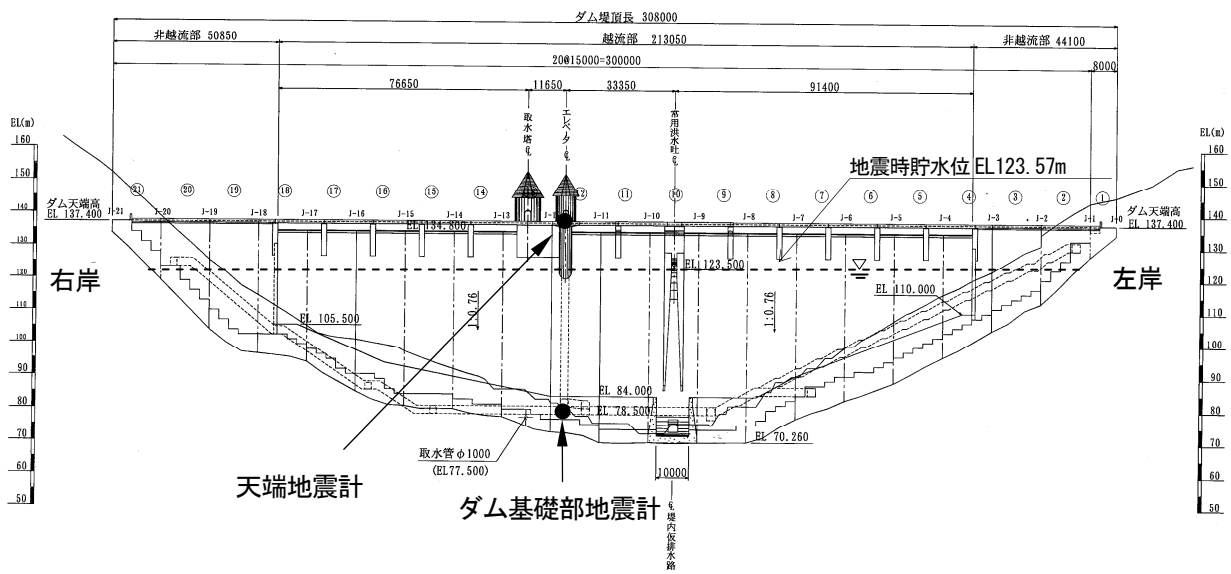
ダム名	鳴淵	巖木	瑞梅寺
所管	福岡県	九州地整	福岡県
竣工年	2002	1987	1977
堤高(m)	67.4	117.0	64.0
堤頂長(m)	308.0	390.4	337.5
堤体積(千 m <sup>3</sup> )	402	1,088	242.6
堤頂標高(EL, m)	137.4	222.0	213.0
設計震度	0.10	0.10	0.10
ダム軸右岸方向方位	N272° E	N27° W	N97° E
基礎地盤の地質年代	古生代	古生代末期 ～中生代初期	古生代
基礎地盤の岩石類	かんらん岩/角閃岩	角閃片岩/黒雲母片岩	結晶片岩
基礎地盤の速度層構造(km/s)	P波:4.16; S波:2.0	P波:5.10; S波:3.25	P波:4.5~5.0
常時満水位(EL, m)	123.50	199.10	200.00
地震時貯水位(EL, m)	123.57	190.99	197.99
ダム地点周辺の震度階	5弱(篠栗町)	5弱(唐津市西城内)	6弱(前原市)

#### 2. 2. 2 地震計

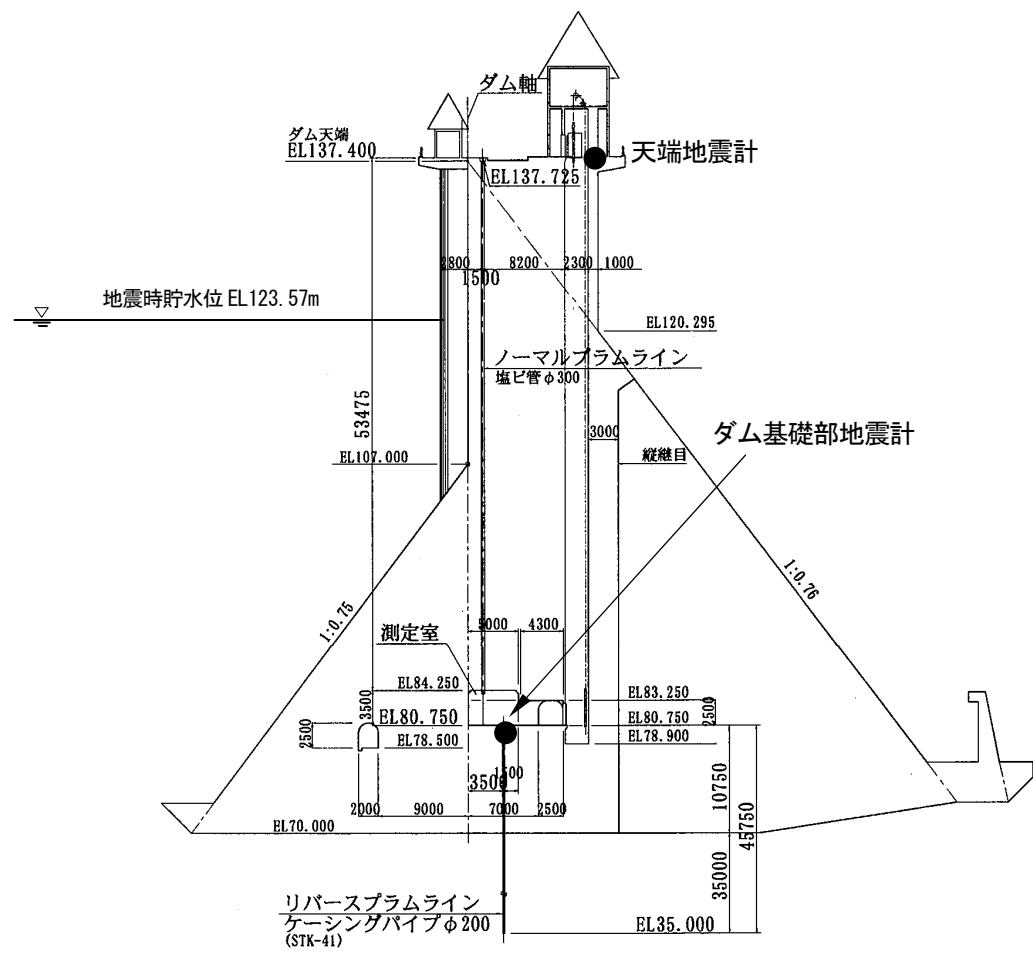
対象とする3ダムの地震計の設置位置は、天端とダム基礎部の2箇所に設置されている。図-3.2に鳴淵ダム、図-3.3に巖木ダム、図-3.4に瑞梅寺ダムの地震計の設置位置を示す。また、各ダムの地震動計測装置の一覧を表-3.2に示し、地震計設置状況の写真と設置方向を表-3.3に示した。

なお、3ダムの検出器について原理から分類すると、鳴淵ダム(リオン社製LS-13DY)では光学式振子位置検出器によるフォースバランスサーボ型、巖木ダム(東京測振社製SV-355P)ではサーボ型、瑞梅寺ダム(リオン社製PV-21C)で加速度トランスジューサーによるせん断圧電型を用いている。





(ダム下流面図)



(ダム断面図)

図-3.2 鳴淵ダムの地震計設置位置と地震時の貯水位

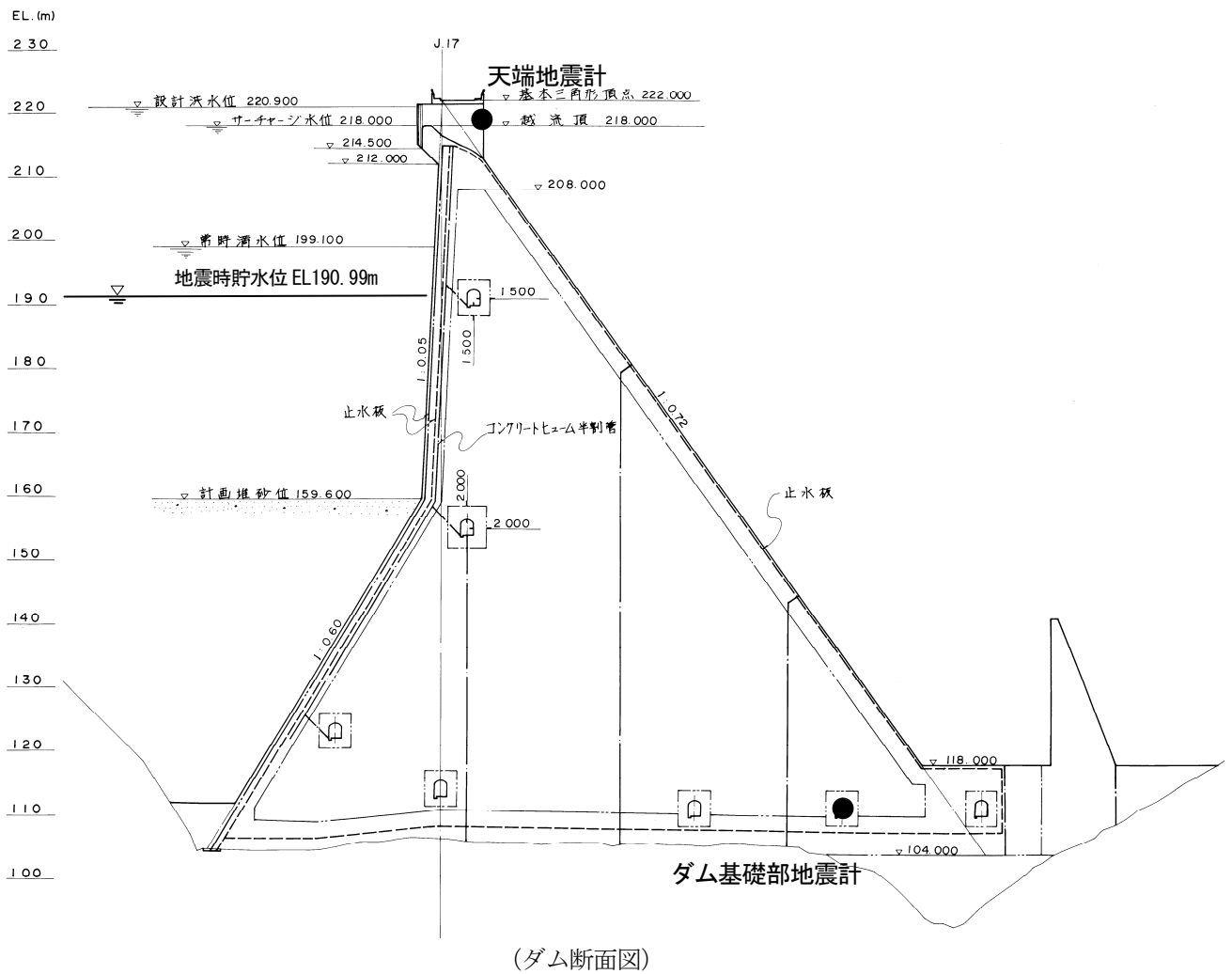
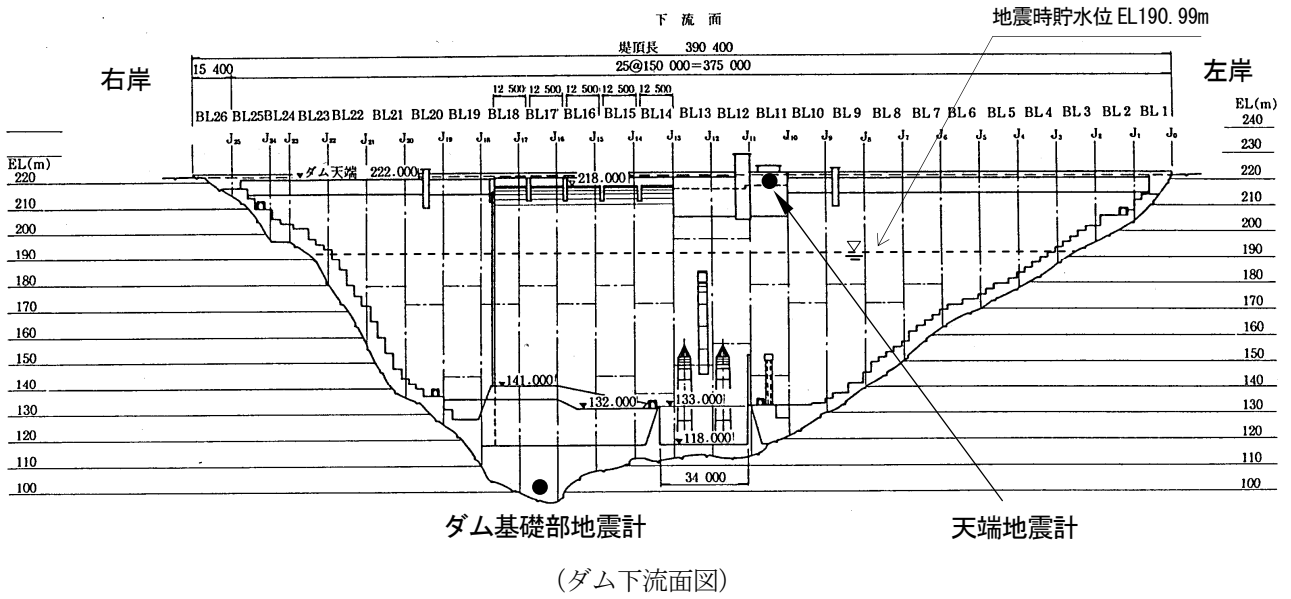
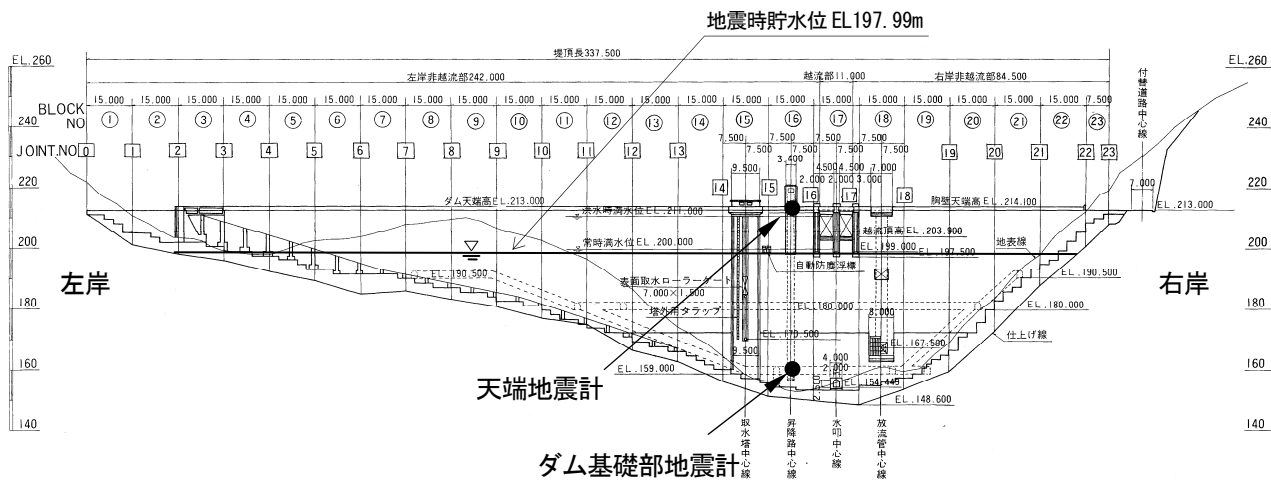
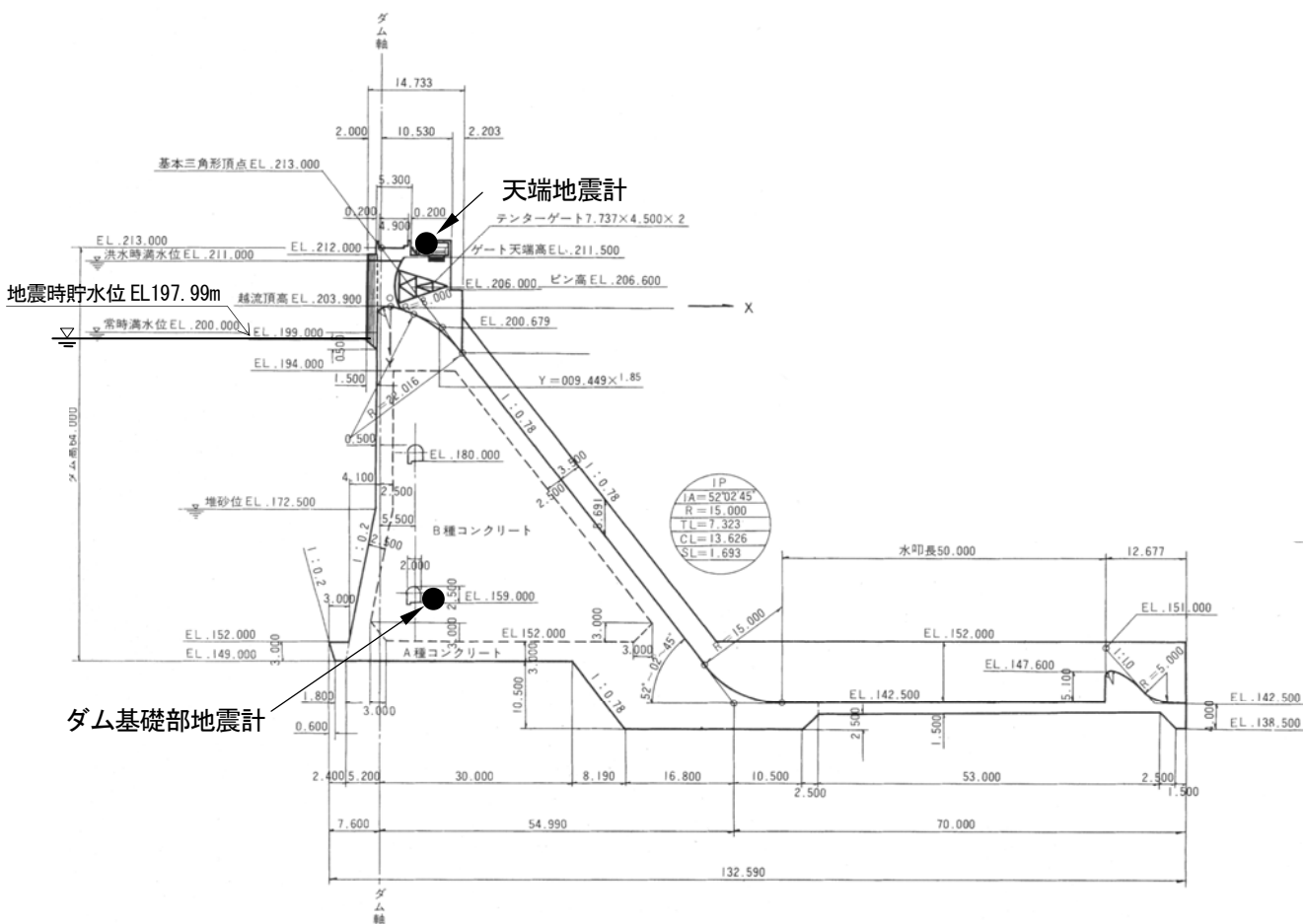


図-3.3 巖木ダムの地震計設置位置と地震時の貯水位



(ダム上流面図)




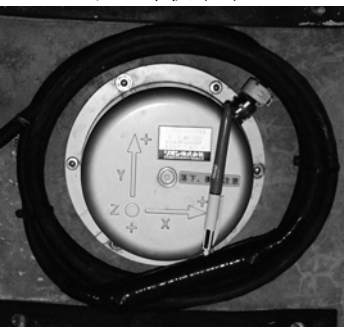

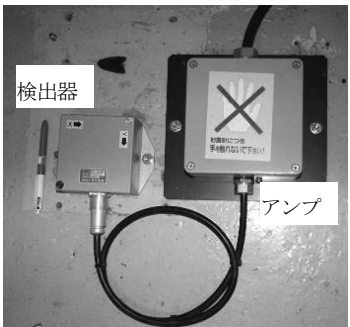

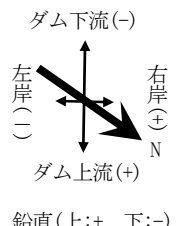
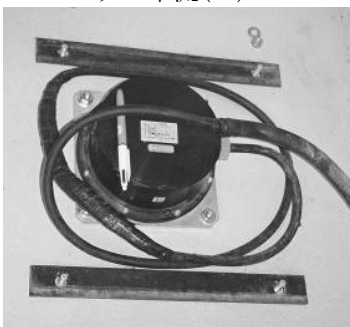
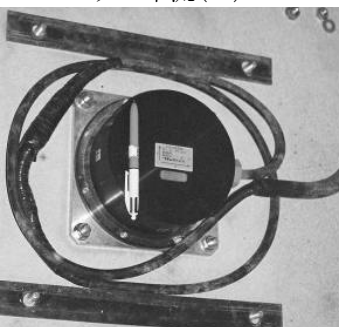

(ダム断面図)

図-3.4 瑞梅寺ダムの地震計設置位置と地震時の貯水位

表-3.2 地震動計測装置

ダム名	検出器 設置場所	標高 (EL, m)	検出器					波形記録装置				
			メー カー	形式	設置方向 (+)			メー カー	機種	記録 形式	測定 範囲	サ ン プ リ ン グ
					上下流	ダム軸	鉛直					
鳴淵	天端	137.8	リオ	LS-	下流	右岸	鉛直	リオ	SM-	デジ	2000	100
	ダム基礎部	78.5	ン	13DY	N178° W	N88° W	方向	ン	24MR	タル	gal	Hz
巖木	天端	218.0	東京	SV-	上流	右岸	鉛直	東京	CV-	デジ	2000	100
	ダム基礎部	110.0	測振	355P	N63° E	N27° E	方向	測振	990	タル	gal	Hz
瑞梅寺	天端	213.0	リオ	PV-	下流	右岸	鉛直	リオ	SM-	デジ	2000	100
	ダム基礎部	159.0	ン	21C	N4° E	N94° E	方向	ン	12	タル	gal	Hz

表-3.3 地震動設置状況写真および設置方向

ダム名	天端地震計写真		ダム基礎部地震計写真		設置方向
鳴淵	左岸 (二)	ダム下流(+) 	右岸 (十)	ダム下流(+) 	ダム下流(+)  ダム上流(-) 鉛直(上:+, 下:-)
		ダム上流(-)		ダム上流(-)	
巖木	左岸 (二)	ダム下流(-) 	右岸 (十)	ダム下流(-) 	ダム下流(-)  ダム上流(+) 鉛直(上:+, 下:-)
		ダム上流(+)		ダム上流(+)	
瑞梅寺	左岸 (二)	ダム下流(+) 	右岸 (十)	ダム下流(+) 	ダム下流(+)  ダム上流(-) 鉛直(上:+, 下:-)
		ダム上流(-)		ダム上流(-)	

### 3. 2. 3 加速度記録

解析では、ダム基礎部の加速度記録（上下流方向水平成分と鉛直成分）をもとに天端の加速度記録（上下流方向水平成分と鉛直成分）の応答解析を試みる。図-3.5に鳴淵ダムの、図-3.6に巖木ダムの、図-3.7に瑞梅寺ダムの天端(a)とダム基礎部(b)の加速度記録とフーリエスペクトルを示す。

応答解析の対象とする加速度記録は、地震時の挙動を再現するのに悪影響を及ぼす入力地震動の高周波成分の影響を排除するために、対象の3ダムとも主要動付近の記録に零詰め区間を加えた81.92秒間の加速度時刻歴波形とした。データ数は8192個である。これは、応答解析ソフト（SuperFlush/2D）内での高速フーリエ解析を利用するため、2のべき乗のデータ数にする必要からである。観測波のスペクトル特性から、鳴淵ダムは0-17Hzまで、巖木ダムと瑞梅寺ダムは0-20Hzまでを入力地震動の周波成分の調整し解析対象とする。これらの解析対象の波形について、表-3.4にまとめて示す。

①ダム基礎モデルについては、ダム基礎部の加速度記録にダムの影響があると考えられるので、まず岩盤境界入力に対するダム基礎部の加速度記録を再現できる岩盤境界への入力地震波を求める。次に天端の加速度応答を求め、観測記録との比較を行う。

岩盤境界入力地震波は、ダム基礎部で観測された波形の鉛直成分・上下流方向水平成分毎に加速度記録をフーリエ変換して応答振幅を求め、岩盤境界の各成分に対するダム基礎部の応答倍率の伝達関数から、フーリエ逆変換して岩盤境界入力地震波を算出する。

②ダムのみモデルについては、ダム基礎部の加速度記録をダムのみモデルの最下部への入力地震波として、ダム天端の加速度応答を求め、観測記録との比較を行う。

表-3.4 解析対象波形

ダム名	観測波形(sec)	抽出波形(sec)	零詰め区間(sec)	データ数	周波数領域(Hz)
鳴淵	120.00	0-59.99	60.00-81.91	8,192	0-17
巖木	70.00	0-40.96	40.96-81.91	8,192	0-20
瑞梅寺	53.34	0-53.34	53.35-81.91	8,192	0-20

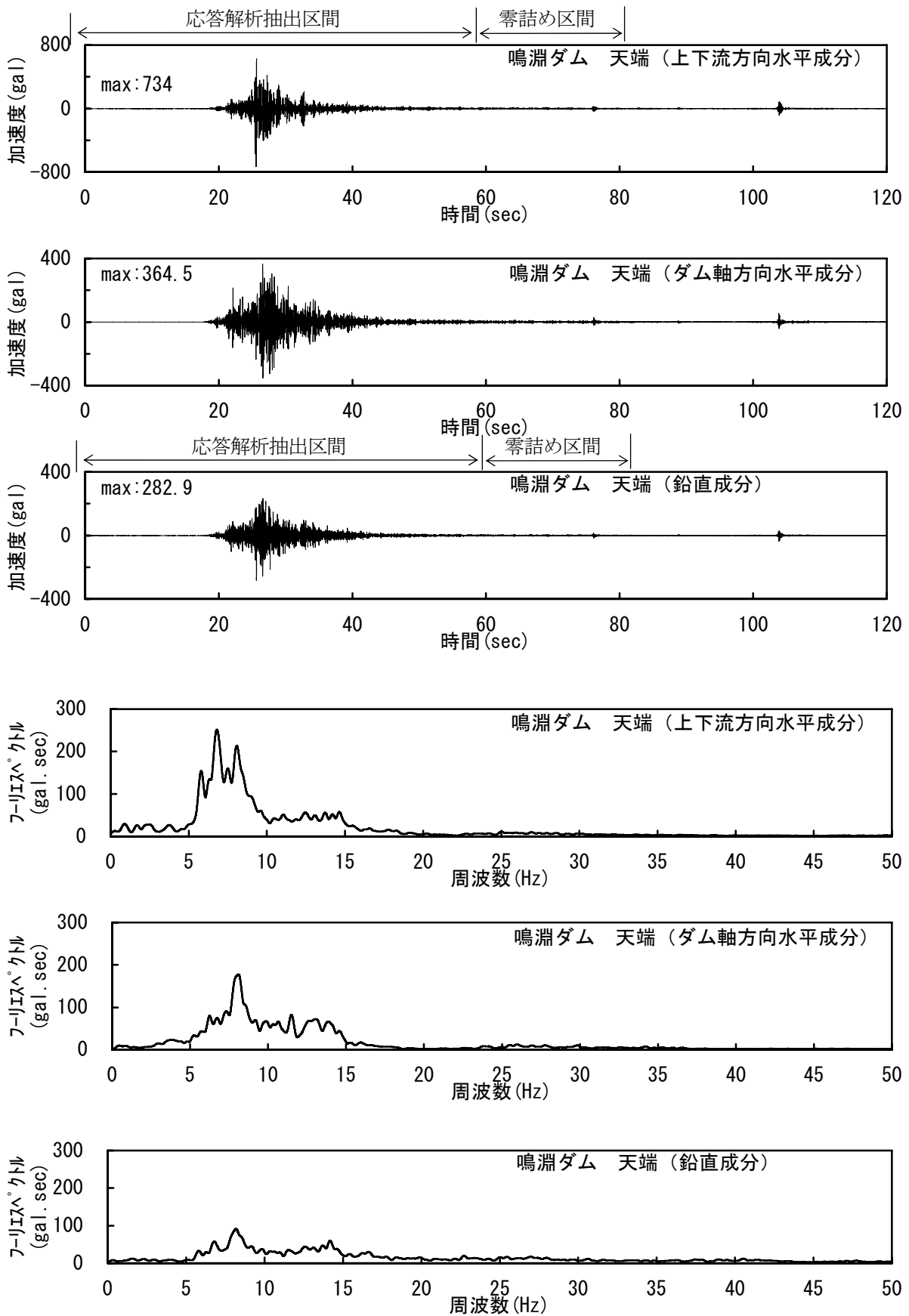


図-3.5(a) 鳴淵ダム天端での実測加速度時刻歴波形とフーリエスペクトル

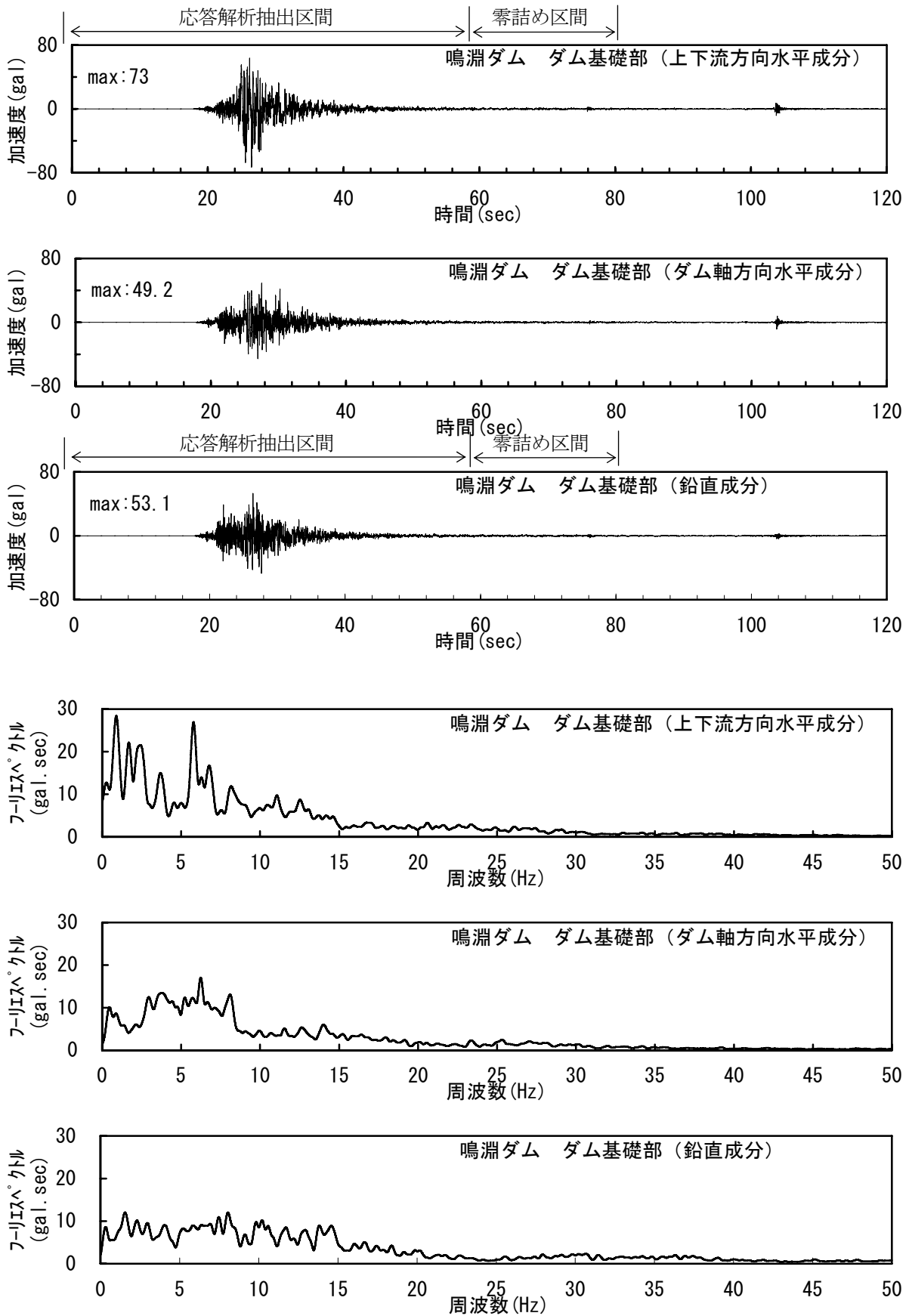


図-3.5(b) 鳴淵ダム基礎部での実測加速度時刻歴波形とフーリエスペクトル

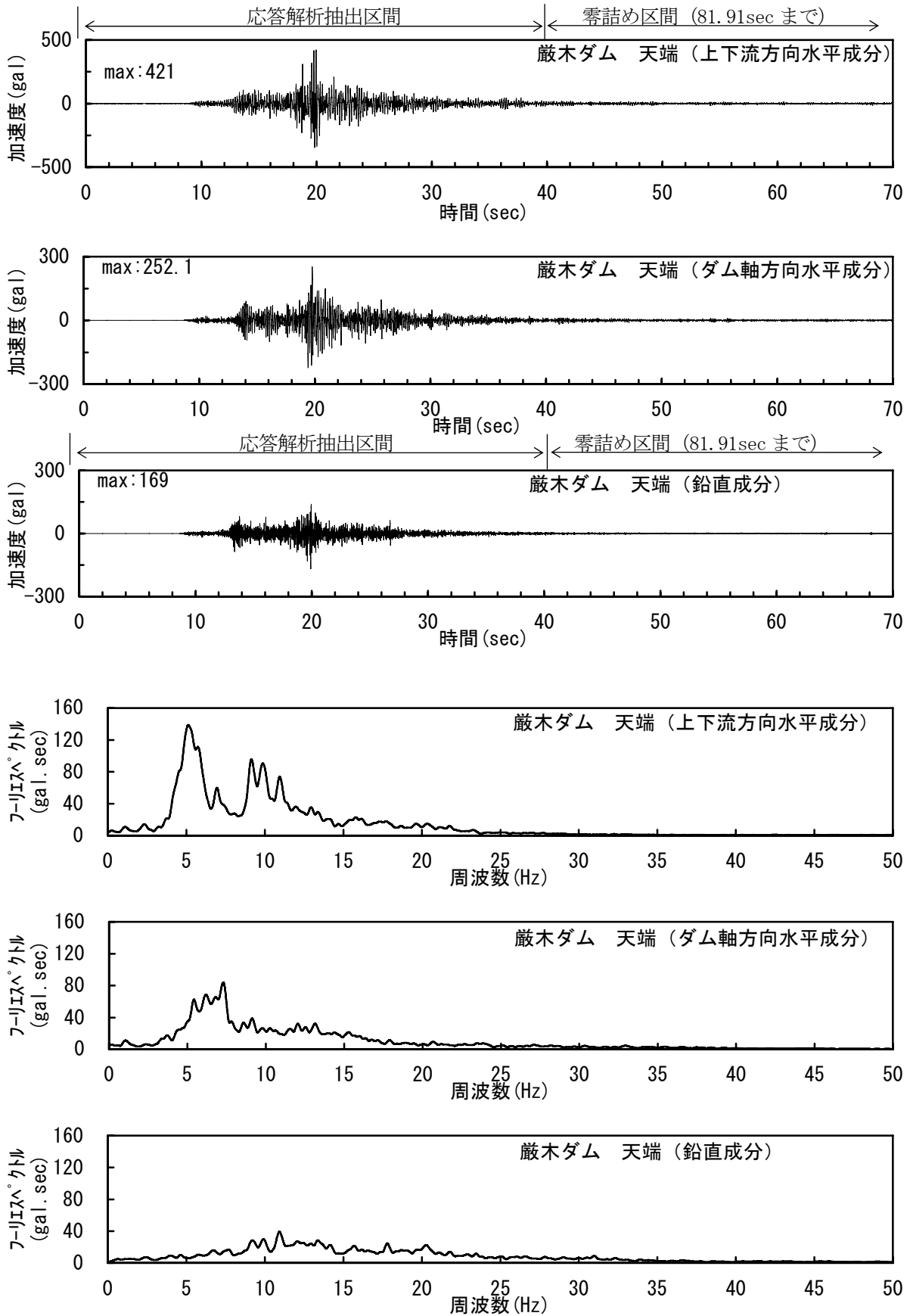


図-3.6(a) 巖木ダム天端での実測加速度時刻歴波形とフーリエスペクトル



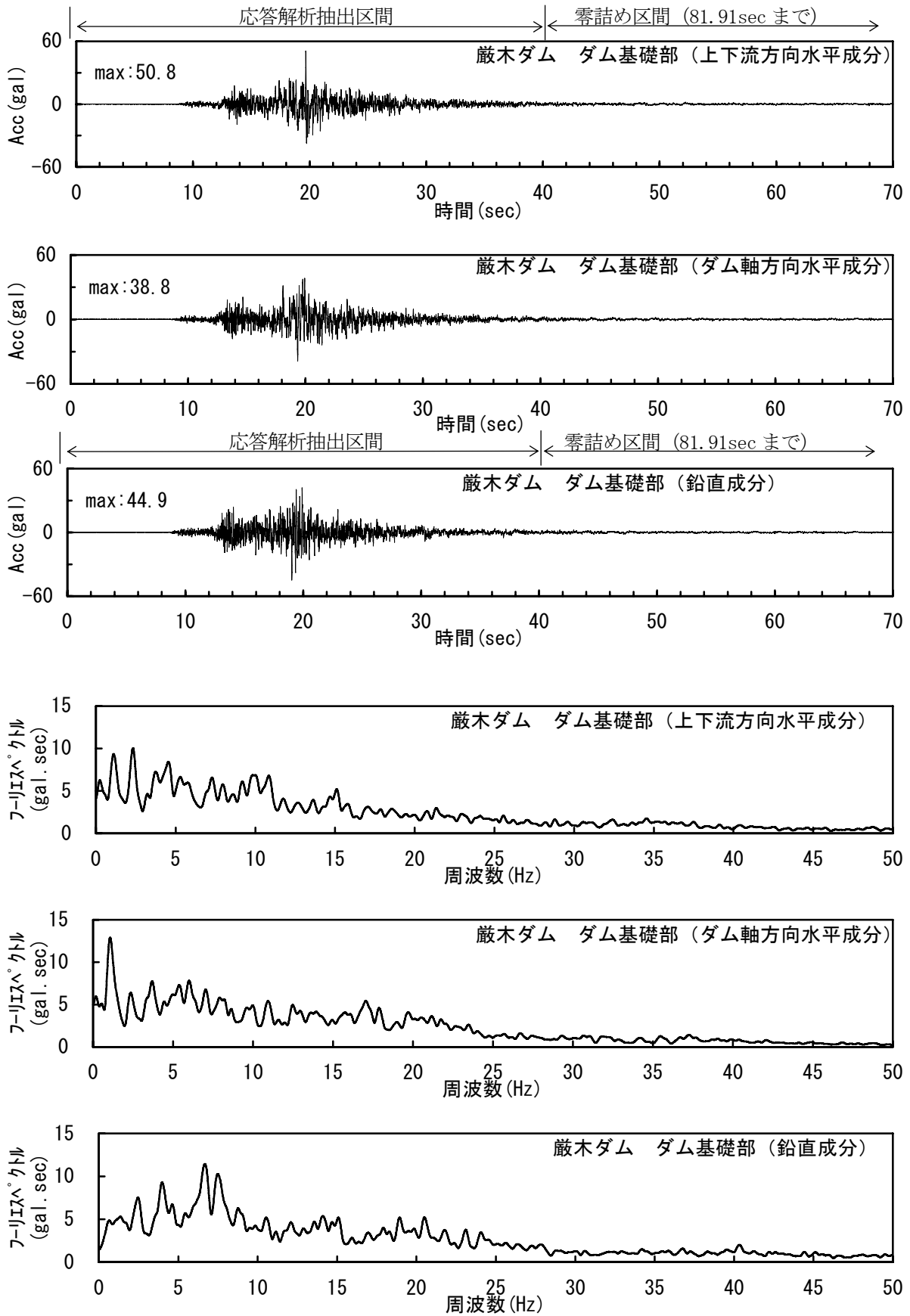


図-3.6(b) 厳木ダムダム基礎部での実測加速度時刻歴波形とフーリエスペクトル

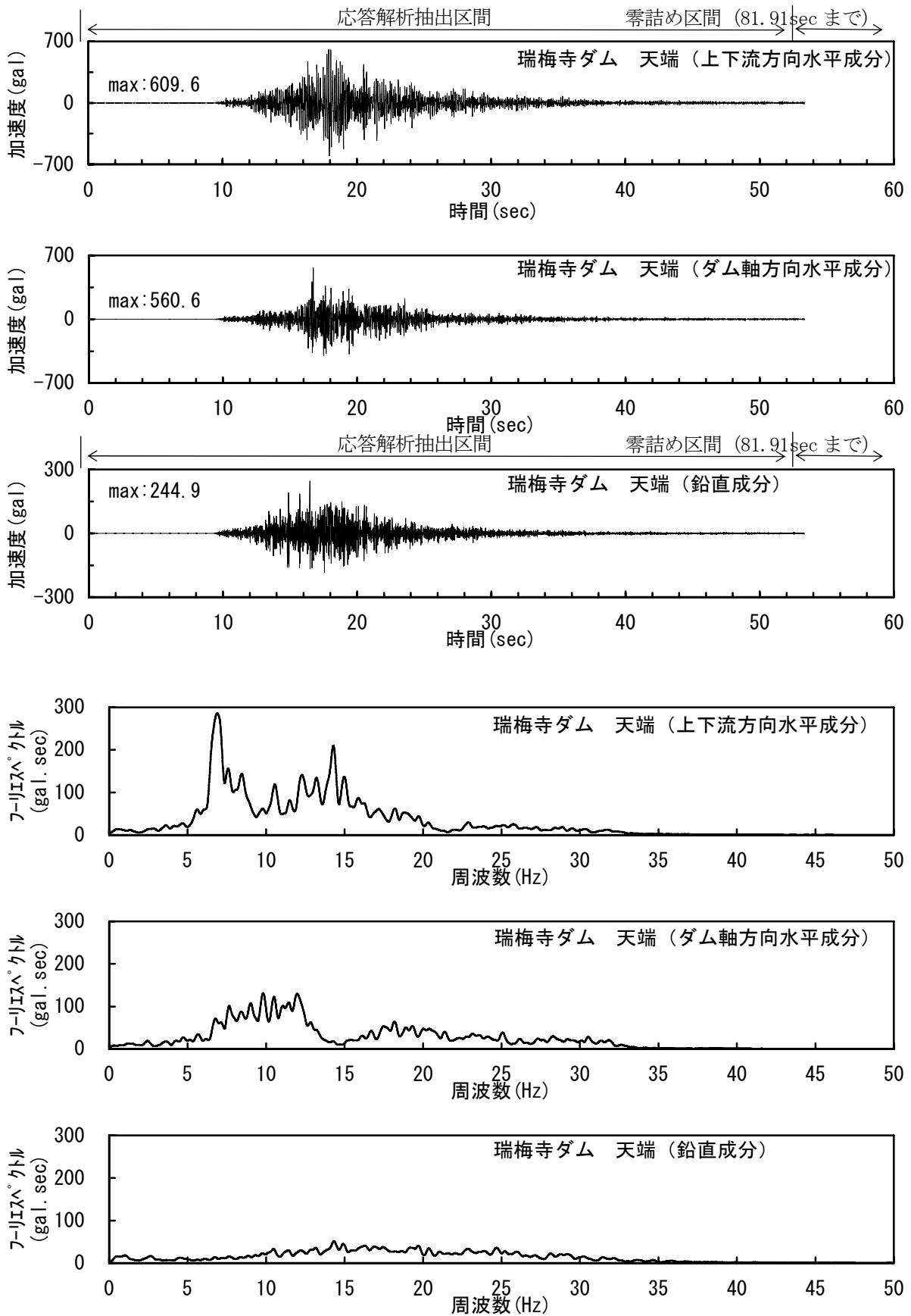


図-3.7(a) 瑞梅寺ダム天端での実測加速度時刻歴波形とフーリエスペクトル

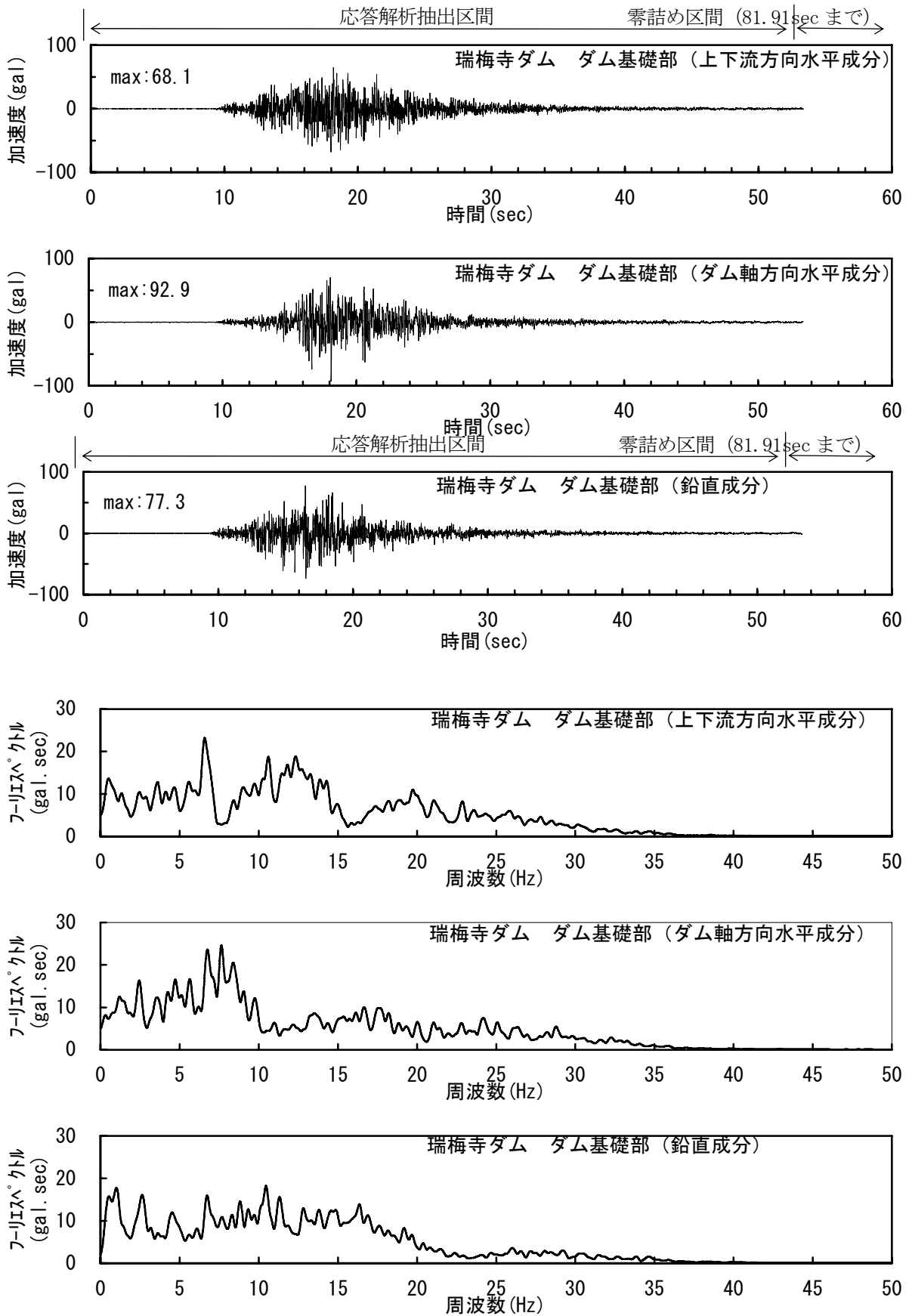
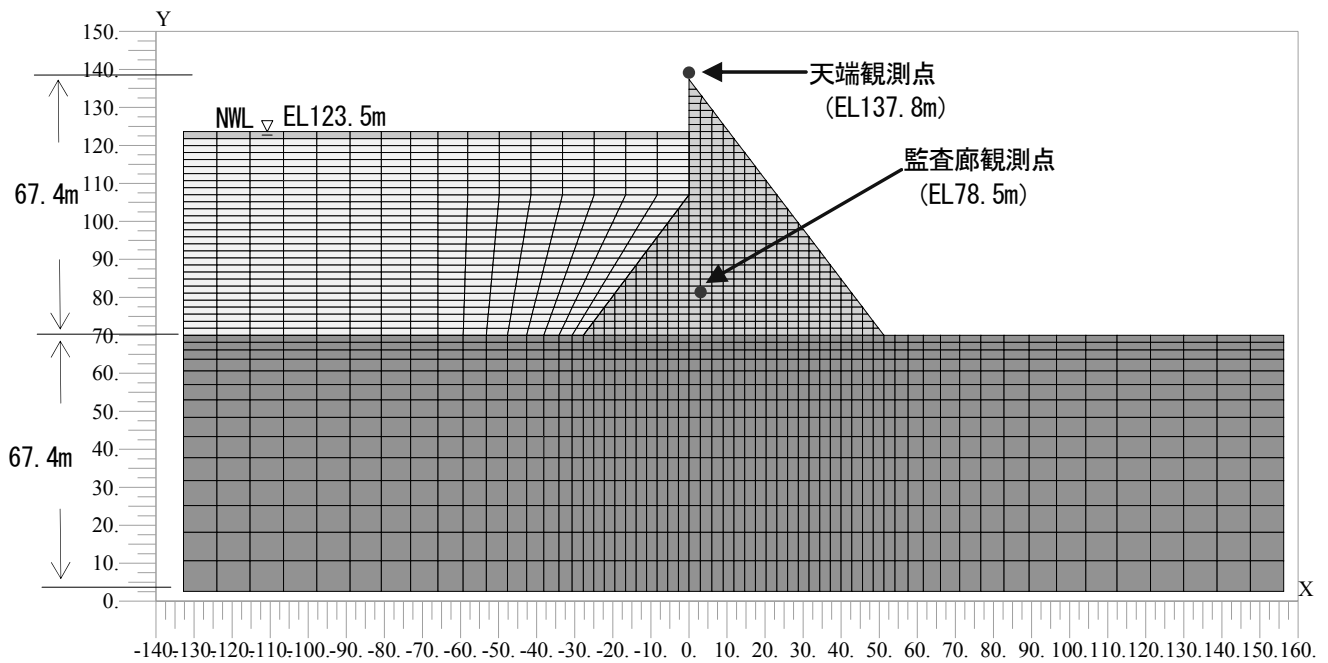


図-3.7(b) 瑞梅寺ダム基礎部での実測加速度時刻歴波形とフーリエスペクトル

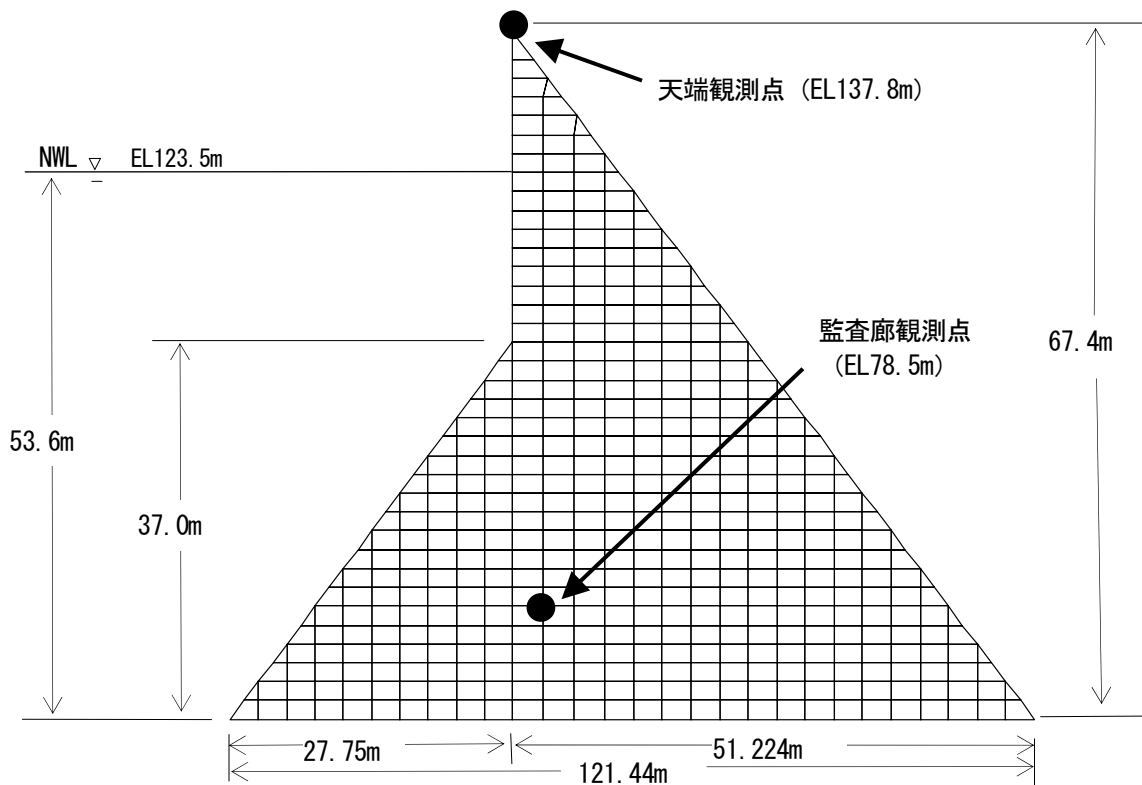
## 4. 解析モデルと物性値

### 4.1 解析モデル

鳴淵ダム、巖木ダム、瑞梅寺ダムの解析モデルを図-4.1, 図-4.2, 図-4.3に示す.

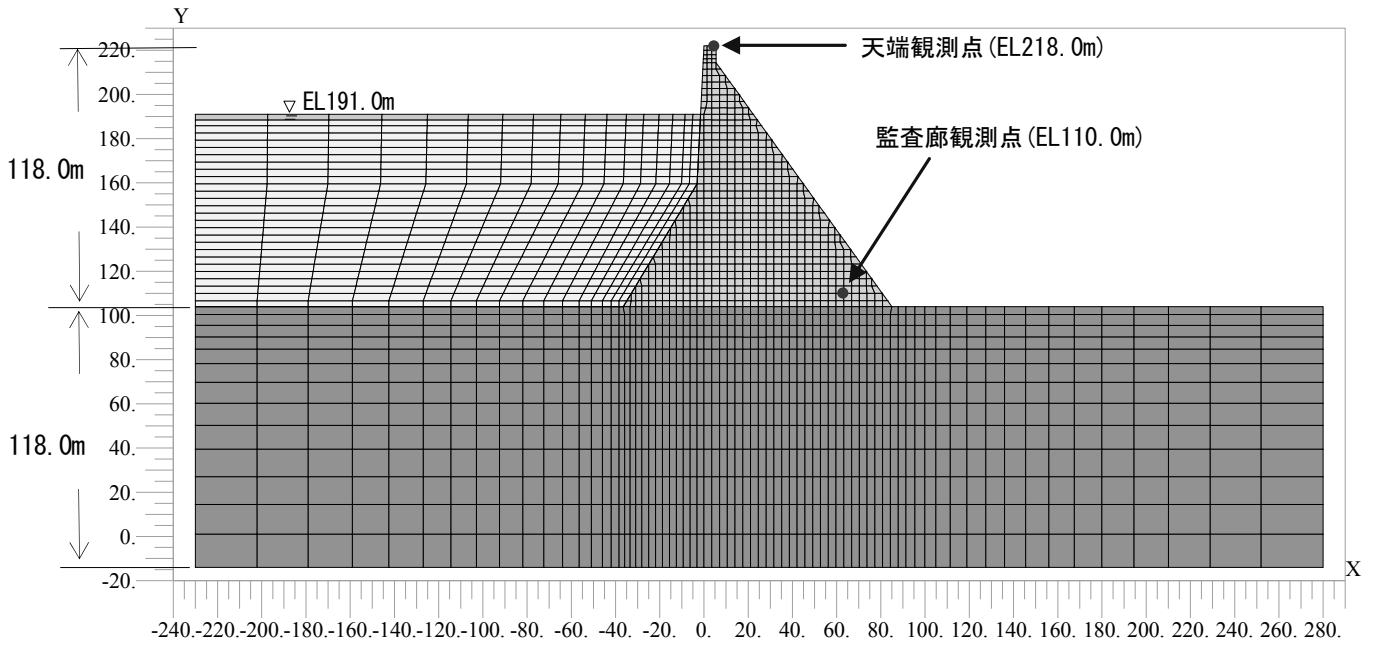


a) ダム-基礎モデル

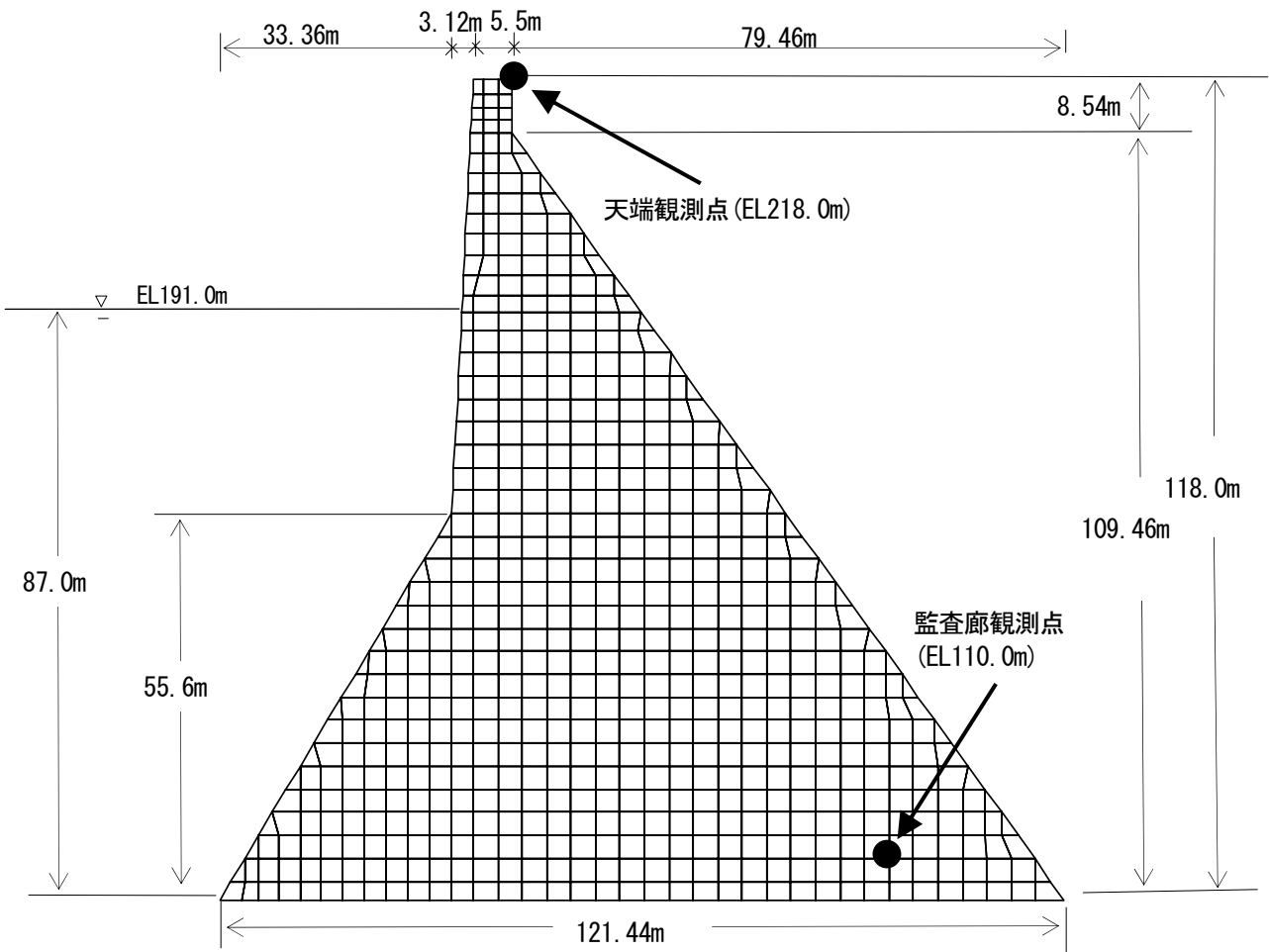


b) ダムのみモデル

図-4.1 鳴淵ダム解析モデル

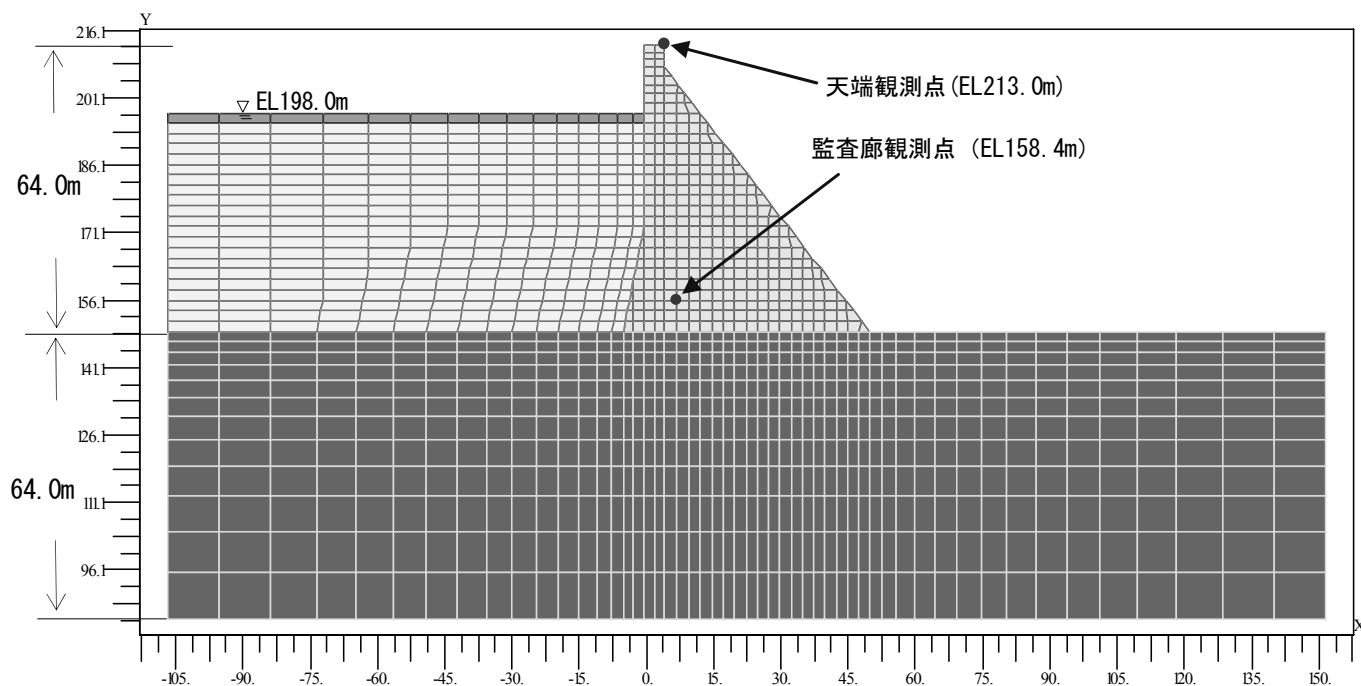


a) ダム基礎モデル

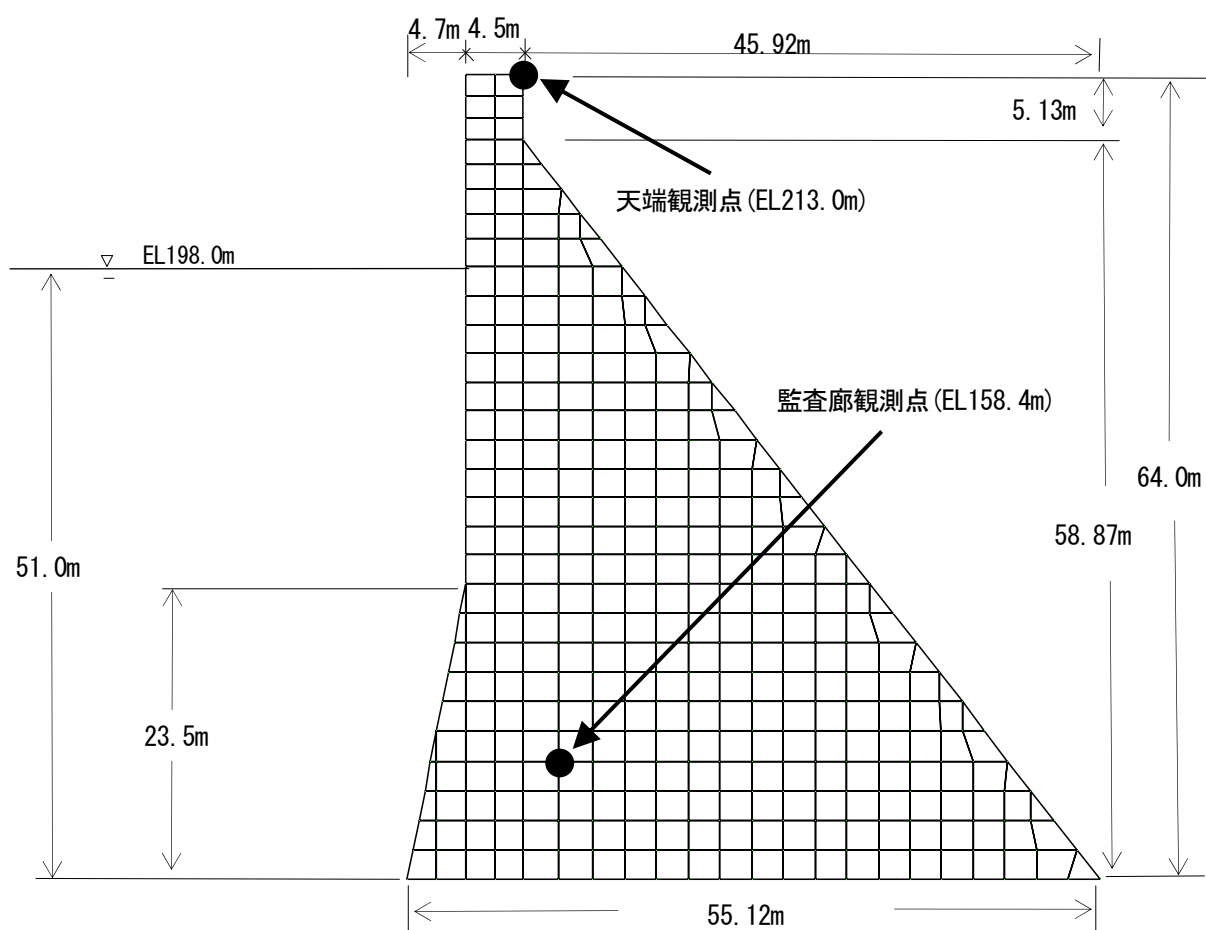


b) ダムのみモデル

図-4.2 巖木ダム解析モデル



a) ダム基礎モデル



b) ダムのみモデル

図-4.3 瑞梅寺ダム解析モデル

## 4. 2 物性値

解析に用いた物性値を表-4.1 に示す。この表-4.1 に示した物性値は、表-4.2 に示す全解析ケースにおける解析結果から、最も応答解析結果が適合するものを示したものである。鳴淵ダムと巖木ダムはダム-基礎モデルが適合し、瑞梅寺ダムはダムのみモデルが適合した。

表-4.2 の全解析ケース数については、鳴淵ダムと瑞梅寺ダムで各 4 ケース、巖木ダムで 7 ケースの計 15 ケースである。堤体コンクリートについては、単位体積重量とポアソン比と材料減衰・全体減衰は同一とし、せん断波速度  $V_s$  から求められる弾性係数を 2 ケース設定した。基礎岩盤については、単位体積重量とポアソン比と材料減衰は同一とし、せん断波速度  $V_s$  から求められる弾性係数を各ダム 1 ケース設定した。巖木ダムについては、1 ケースポアソン比と弾性係数を変更したものを設定した。

表-4.3 に解析ケースごとの最大加速度の比較結果を示した。最大加速度値のみによって、応答解析の適合性の良否は論じられないが、ひとつの参考値として示したものである。

表-4.1 物性値

ダム名		鳴淵	巖木	瑞梅寺
堤体 コンクリート	単位体積重量(kN/m <sup>3</sup> )		23.52	
	ポアソン比		0.20	
	弾性係数×10 <sup>7</sup> (kN/m <sup>2</sup> )	2.058		3.430
	材料減衰(%)		3	—
	全減衰(%)		—	10
	$V_s$ (m/s)	1,890		2,440
基礎 岩盤	単位体積重量(kN/m <sup>3</sup> )		24.50	—
	ポアソン比		0.35	—
	弾性係数×10 <sup>7</sup> (kN/m <sup>2</sup> )	2.700	4.050	—
	材料減衰(%)		2	—
	$V_s$ (m/s)	2,000	2,450	—

表-4.2 全解析ケース

解析モデル	ダム名	ケース	堤体コンクリート					基礎岩盤						
			単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比	弾性係数 ×10 <sup>7</sup> (kN/m <sup>2</sup> )	材料減衰 (%)	全減衰 (%)	Vs (m/s)	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比	弾性係数 ×10 <sup>7</sup> (kN/m <sup>2</sup> )	材料減衰 (%)	Vs (m/s)	
ダム   基礎	厳木	①	23.52	0.20	2.058	3	-	1,890	24.50	0.16	6.125	2	3,250	
		②								4.050	2,450			
	瑞梅時 ①	3.509								2,280				
	鳴淵 ①	2.700								2,000				
	厳木 ③	4.050								2,450				
	瑞梅時 ②	3.509								2,280				
鳴淵 ②	2.700	2,000												
ダムのみ	厳木 ④	2.058			10	-	8	2,440	-	-	-	-	-	-
	瑞梅時 ③													
	鳴淵 ③													
	厳木 ⑤	3.430			-	5	2,440	-	-	-	-	-	-	
														⑥
	⑦													
	瑞梅時 ④	10	-	-	-	-	-	-	-	-				
	鳴淵 ④													

表-4.3 解析ケースごとの最大加速度の比較

ダム名	ケース	最大加速度 (gal)				観測記録との最大加速度の差 (gal)			
		天端		監査廊		天端		監査廊	
		上下流	鉛直	上下流	鉛直	上下流	鉛直	上下流	鉛直
鳴淵	観測	734.0	282.9	73.0	53.1	-	-	-	-
	①	720.2	203.9	70.0	50.1	13.8	79.0	3.0	3.0
	②	356.2	111.3	70.0	50.1	377.8	171.6	3.0	3.0
	③	691.2	231.6	100.4	62.6	42.8	51.3	-27.4	-9.5
	④	324.3	143.6	75.5	61.4	409.7	139.3	-2.5	-8.3
厳木	観測	421.0	169.0	50.8	44.9	-	-	-	-
	①	418.2	244.6	52.3	42.1	2.8	-75.6	-1.5	2.8
	②	389.7	263.8	52.3	42.1	31.3	-94.8	-1.5	2.8
	③	373.2	173.6	52.3	42.1	47.8	-4.6	-1.5	2.8
	④	257.4	156.2	51.9	46.0	163.6	12.8	-1.1	-1.1
	⑤	312.1	127.0	52.4	44.2	108.9	42.0	-1.6	0.7
	⑥	345.8	135.9	52.4	44.4	75.2	33.1	-1.6	0.5
⑦	445.0	145.3	52.7	44.8	-24.0	23.7	-1.9	0.1	
瑞梅寺	観測	609.6	244.9	69.1	77.3	-	-	-	-
	①	678.1	222.2	62.6	75.7	-68.5	22.7	6.5	1.6
	②	486.6	114.7	62.6	75.7	123.0	130.2	6.5	1.6
	③	669.6	229.4	83.8	91.6	-60.0	15.5	-14.7	-14.3
	④	547.5	183.4	84.4	83.7	62.1	61.5	-15.3	-6.4



### 4. 3 固有値解析

解析モデルはダムのみを対象として、貯水による付加質量をZanger式<sup>10)</sup>によるものとして固有値解析を行う。

また、固有値解析は、観測波の周波数応答関数という実測と、固有値解析結果の一次固有周波数を比較して、設定した弾性係数の確認を行うものである。

※Zangerの式<sup>10)</sup>

$$|p| = cw_0 \alpha h$$

$$C = \frac{C_m}{2} \left[ \frac{z}{h} \left( 2 - \frac{z}{h} \right) + \sqrt{\frac{z}{h} \left( 2 - \frac{z}{h} \right)} \right]$$

ここで、 $|p|$ は動水圧の振幅、 $C$ は圧力係数、 $C_m$ は各上流面勾配に対して実験的に求められた $C$ の最大値で、図-4.4に与えられている。

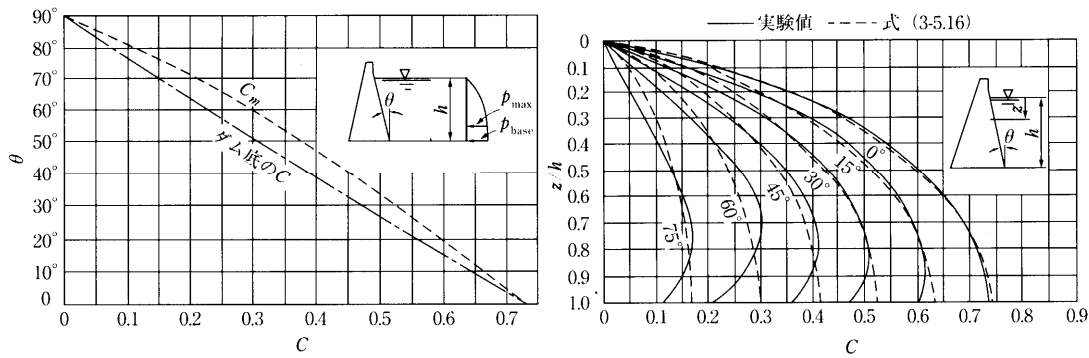


図-4.4 圧力係数

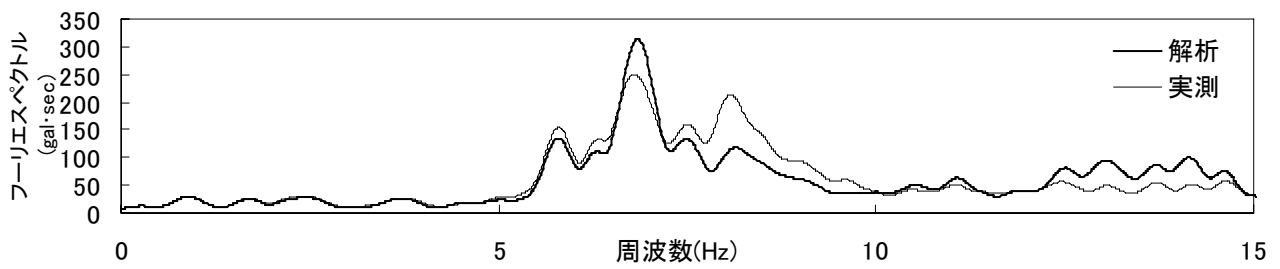
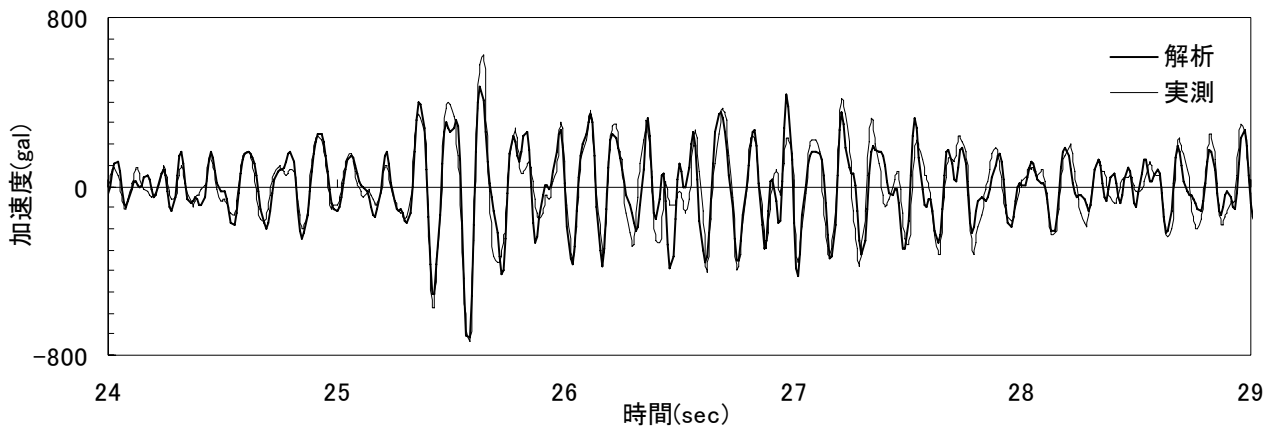
## 5. 解析結果と考察

### 5. 1 鳴淵ダム

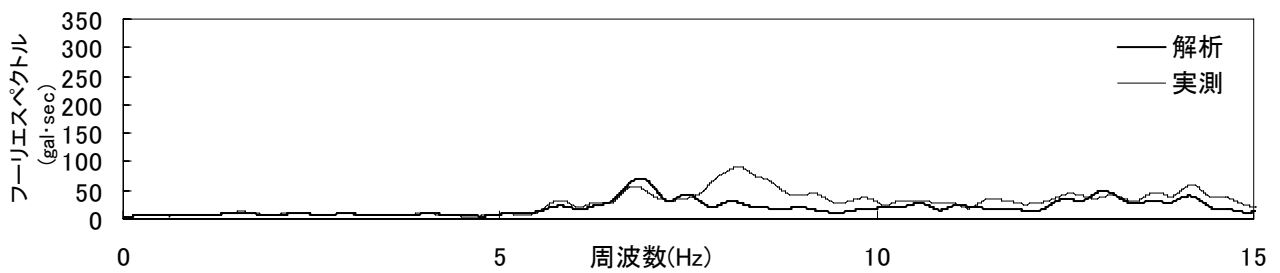
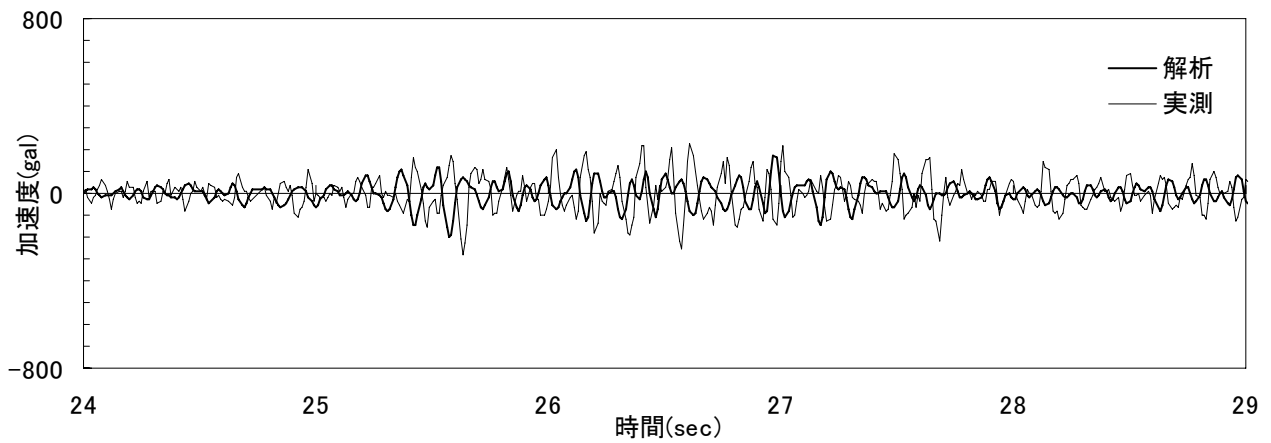
一次固有周波数は、7.41Hz(一次固有周期 0.13 秒)となった。観測波の周波数応答関数から得られた 7.42Hz とほぼ一致している。図-5.1 に、天端の加速度時刻歴波形とフーリエスペクトルの解析値と実測値をそれぞれ対比して示す。

加速度時刻歴波形について、上下流方向水平成分は解析値が実測値に比べて良好な一致が見られ、鉛直方向成分は解析値が実測値より小さめとなっている。フーリエスペクトルについて、上下流方向水平成分の卓越周波数は解析値が実測値に良好な一致が確認される。

また、最大加速度が発生した時刻でのダム堤体内部加速度深度分布を 4 つの断面を選定して、図-5.2 に示す。水平方向については、フィレット部とフィレット部以上の標高において、分布形状が異なっていることがわかる。特に、フィレット部以上の標高では、高位標高ほど加速度の値の増加が大きい。鉛直方向については、高位標高ほど比例的に大きくなっている。

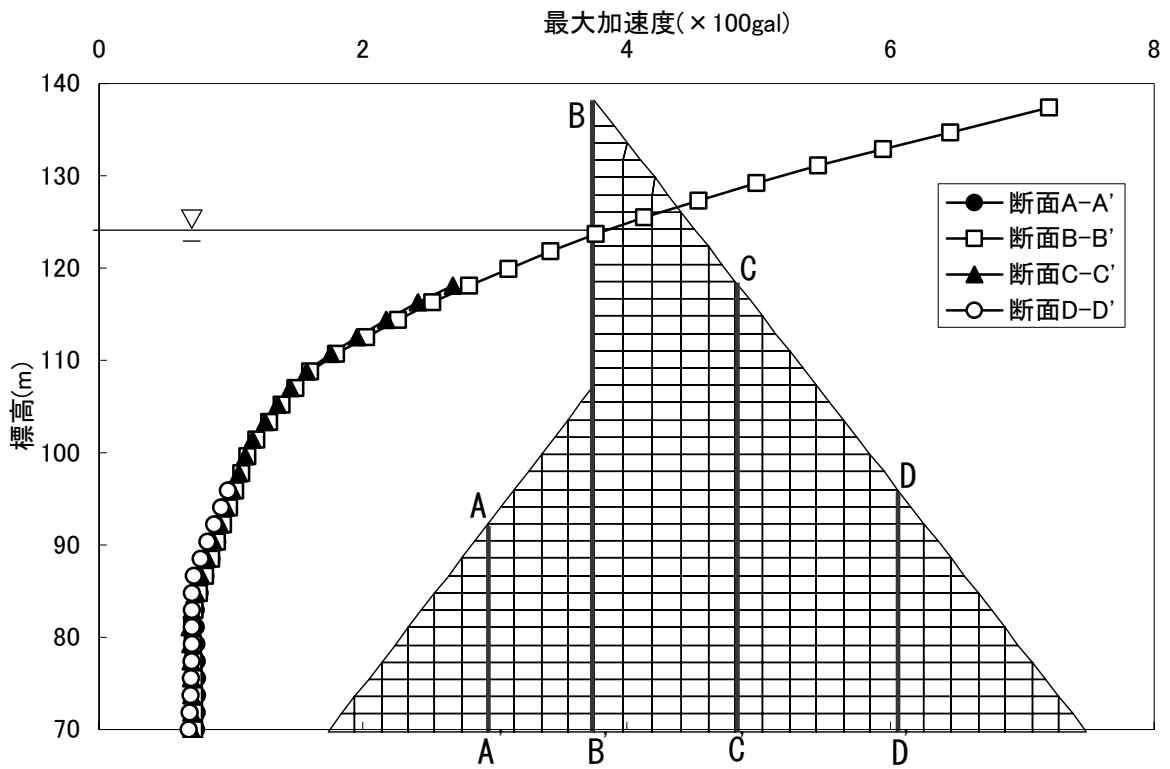


a) 上下流方向

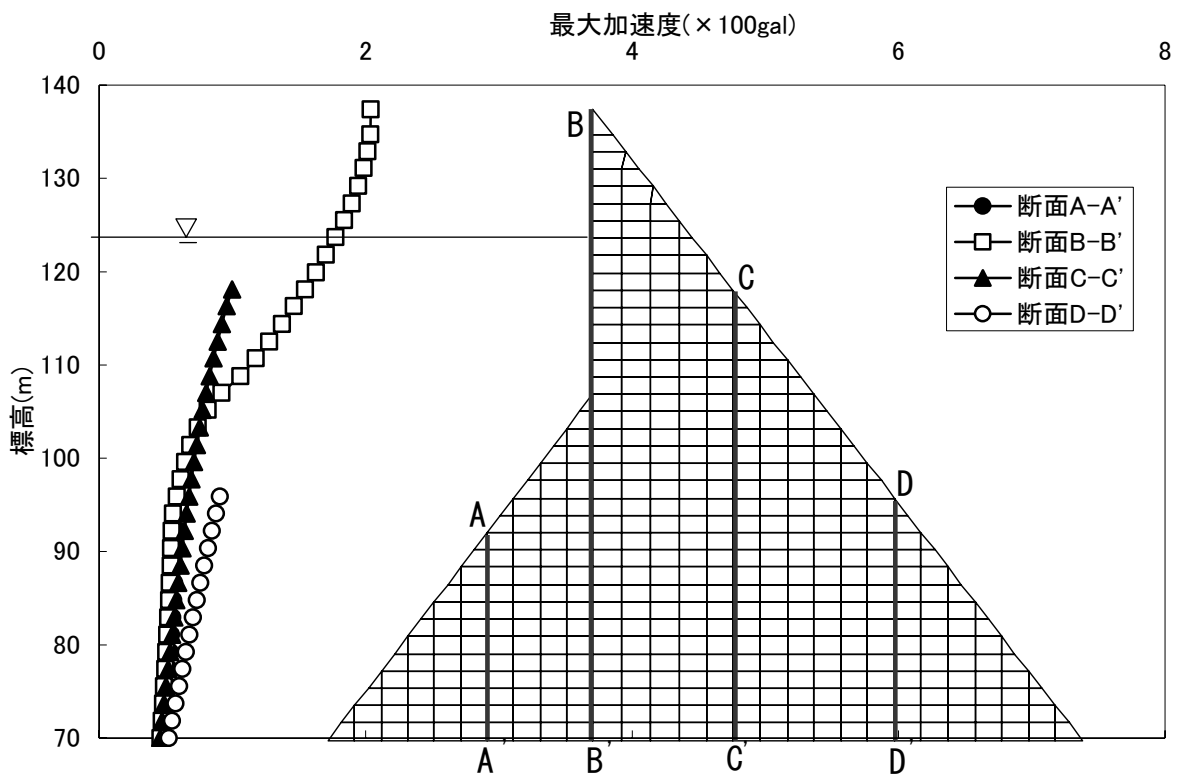


b) 鉛直方向

図-5.1 天端の加速度時刻歴波形と加速度フーリエスペクトルの実測値と解析値の比較 (鳴淵ダム)



a) 上下流方向



b) 鉛直方向

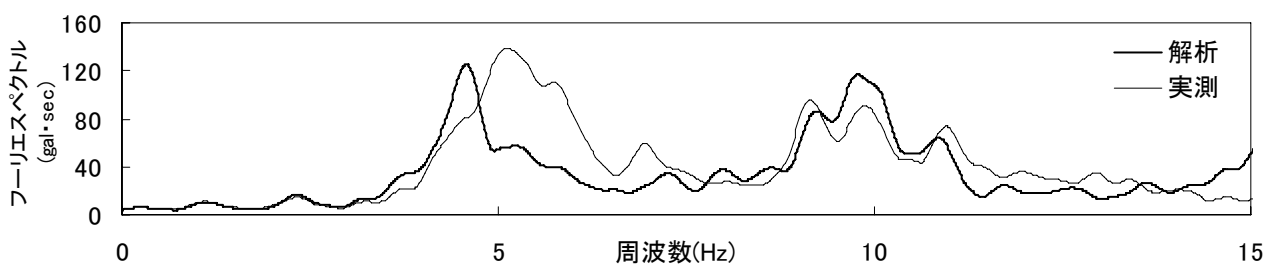
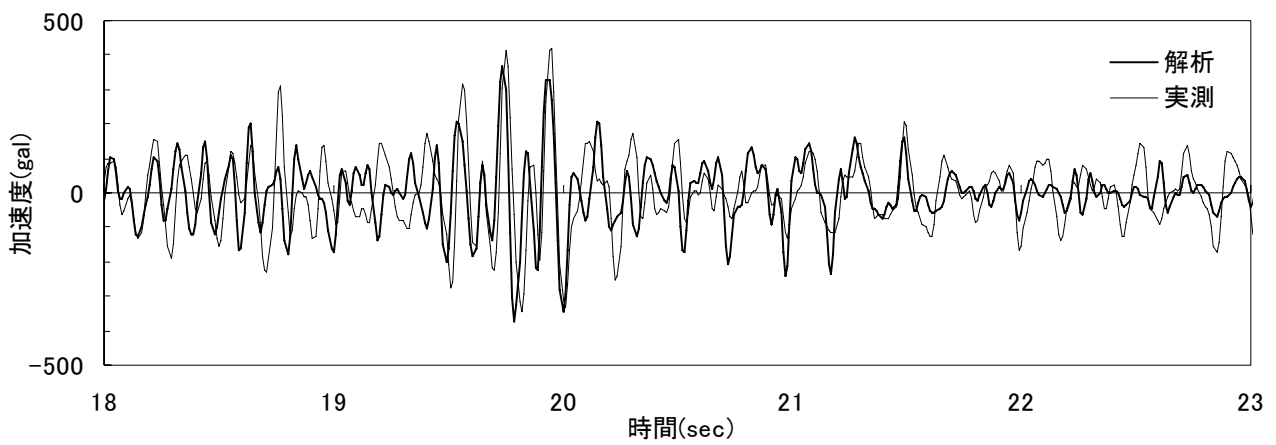
図-5.2 最大加速度深度分布 (鳴淵ダム)

## 5. 2 敵木ダム

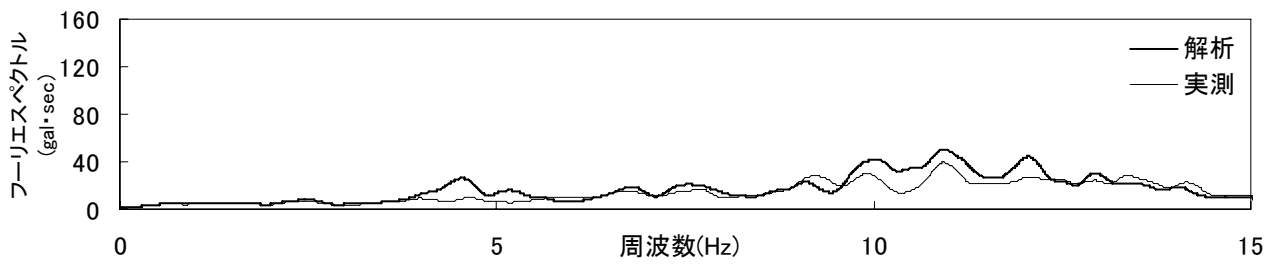
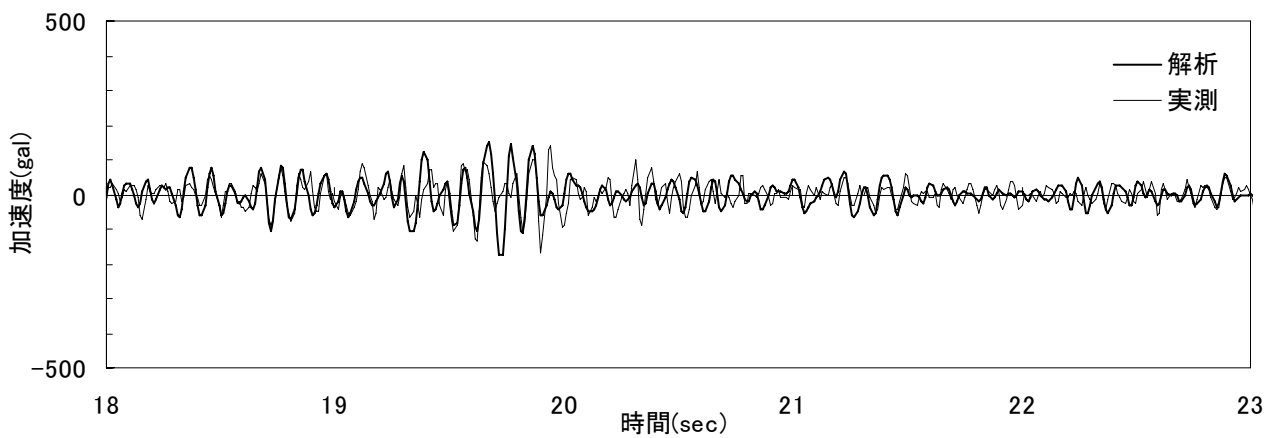
一次固有周波数は、4.86Hz(一次固有周期 0.21 秒)となった。観測波の周波数応答関数から得られた 4.92Hz とほぼ一致している。図-5.3 に、天端の加速度時刻歴波形とフーリエスペクトルの解析値と実測値をそれぞれ対比して示す。

加速度時刻歴波形について、上下流方向水平成分は解析値が実測値に比べて良好な一致が見られる。フーリエスペクトルについては、卓越周波数に若干のずれが認められるものの、解析値は実測値と似通った形状をしている。

また、最大加速度が発生した時刻でのダム堤体内部加速度深度分布を 4 つの断面を選定して、図-5.4 に示す。水平方向については、フィレット部と水面からフィレット部までの区間と水面以上の標高において、分布形状が異なっていることがわかる。特に、水面以上の標高では、高位標高ほど加速度の値の増加が大きい。鉛直方向については、全断面とも高位標高ほど比例的に大きくなっている。なお、鉛直方向震度分布の B-B' 断面の一部で勾配が急変している箇所があるが、これはモデル作成の際に要素が歪な形になってしまい、測線が斜めになっているため不連続性が生じたと考えられる。

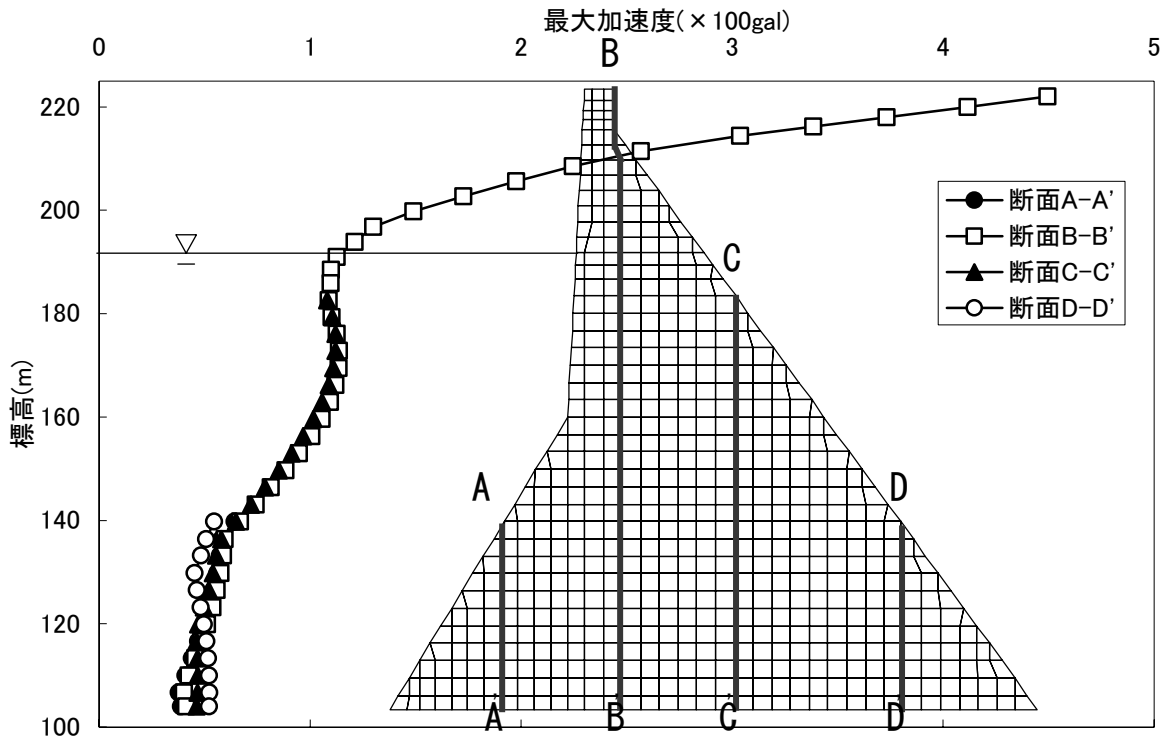


a) 上下流方向

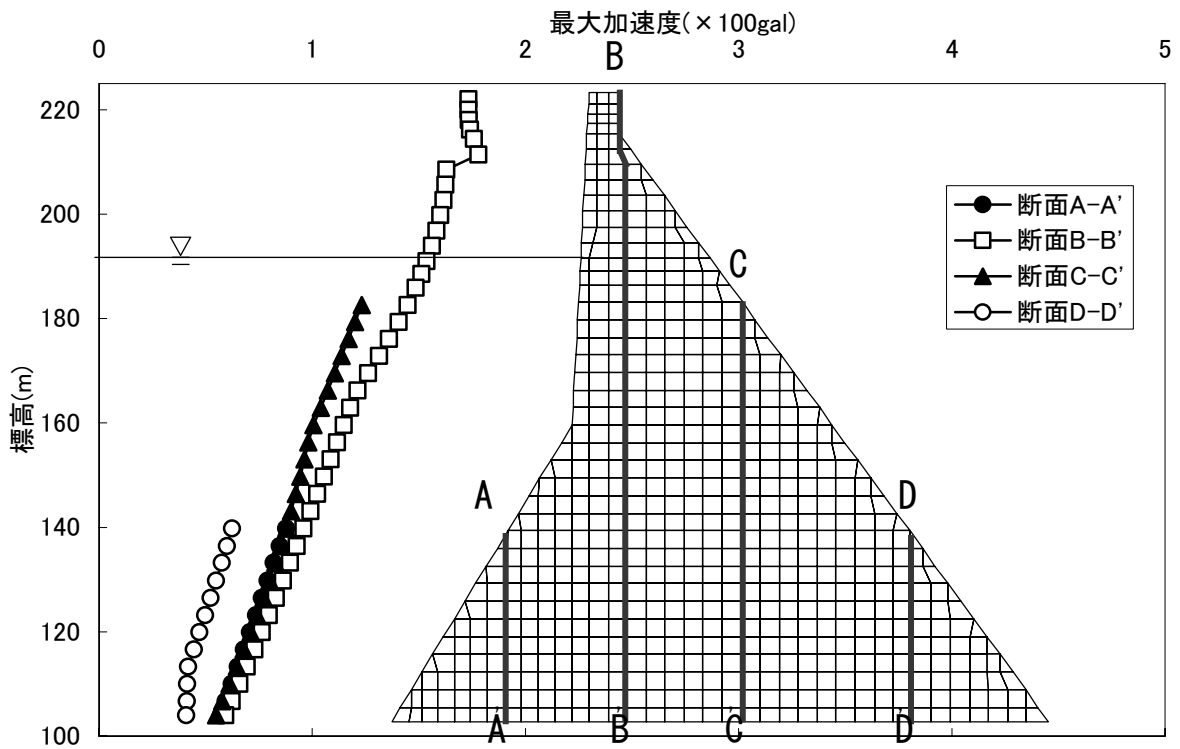


b) 鉛直方向

図-5.3 天端の加速度時刻歴波形と加速度フーリエスペクトルの実測値と解析値の比較（巖木ダム）



a) 上下流方向



b) 鉛直方向

図-5.4 最大加速度深度分布 (巖木ダム)

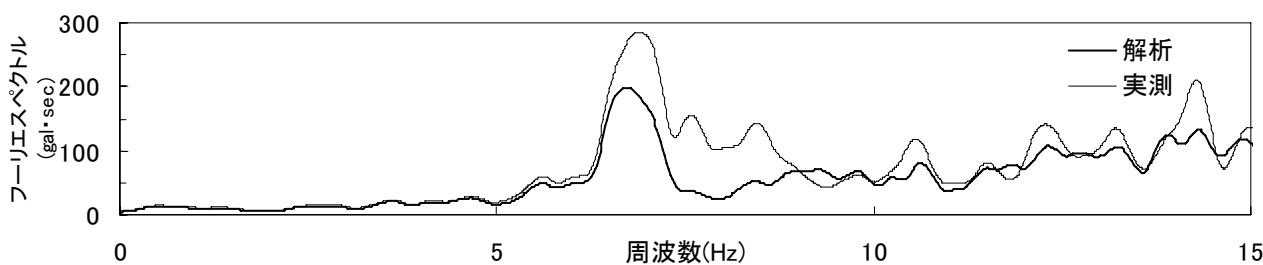
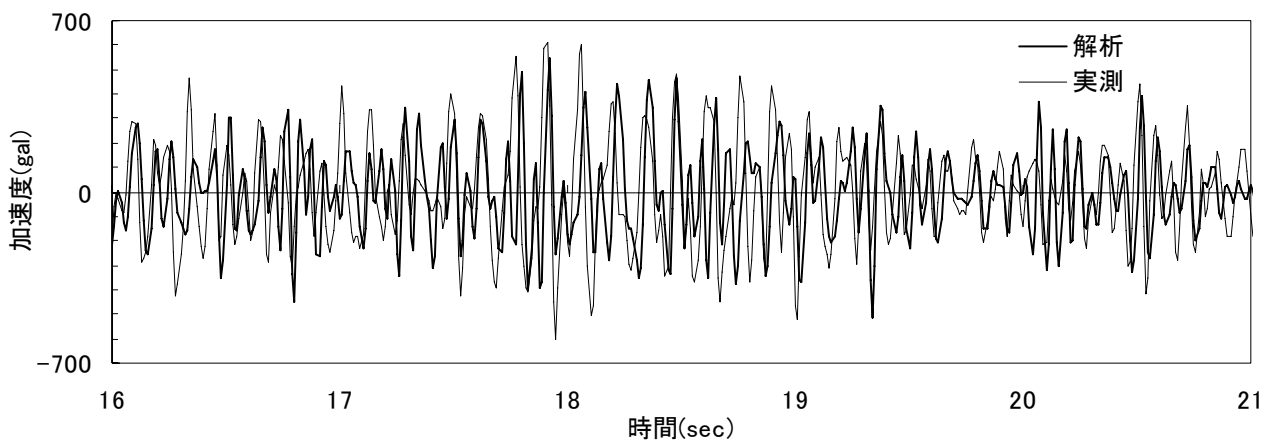
### 5. 3 瑞梅寺ダム

一次固有周波数は、7.30Hz(一次固有周期 0.14 秒)となった。観測波の周波数応答関数から得られた 7.59Hz とほぼ一致している。図-5.5 に、天端の加速度時刻歴波形とフーリエスペクトルの解析値と実測値をそれぞれ対比して示す。

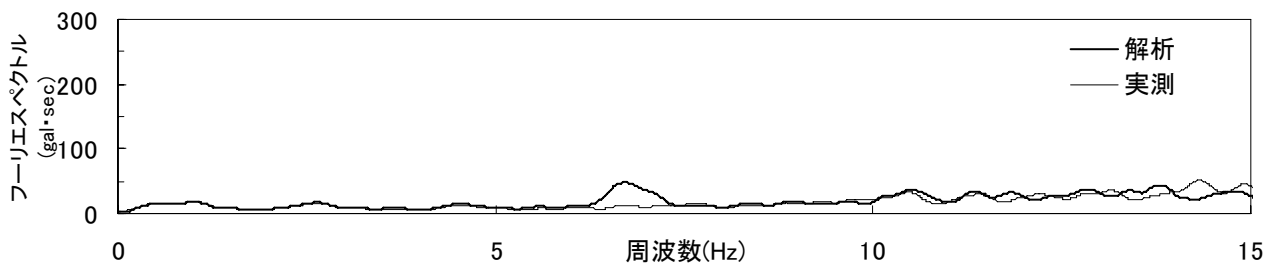
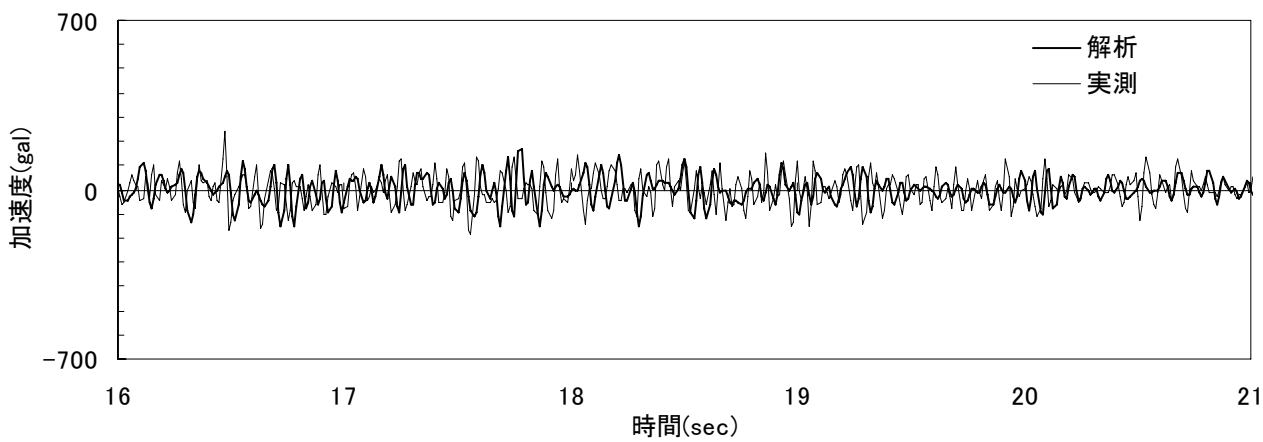
加速度時刻歴波形について、上下流方向水平成分は解析値が実測値に比べて概ね一致が見られる。フーリエスペクトルについては、周波数の大きさに若干のずれが認められるものの、解析値は実測値と似通った形状をしている。

また、最大加速度が発生した時刻でのダム堤体内部加速度深度分布を 4 つの断面を選定して、図-5.6 に示す。水平方向については、フィレット部と水面から 5m 下がったところからフィレット部までの区間とそれ以上の標高において、分布形状が異なっていることがわかる。特に、水面以上の標高では、高位標高ほど加速度の値の増加が大きい。鉛直方向については、全断面とも高位標高ほど比例的に大きくなっている。



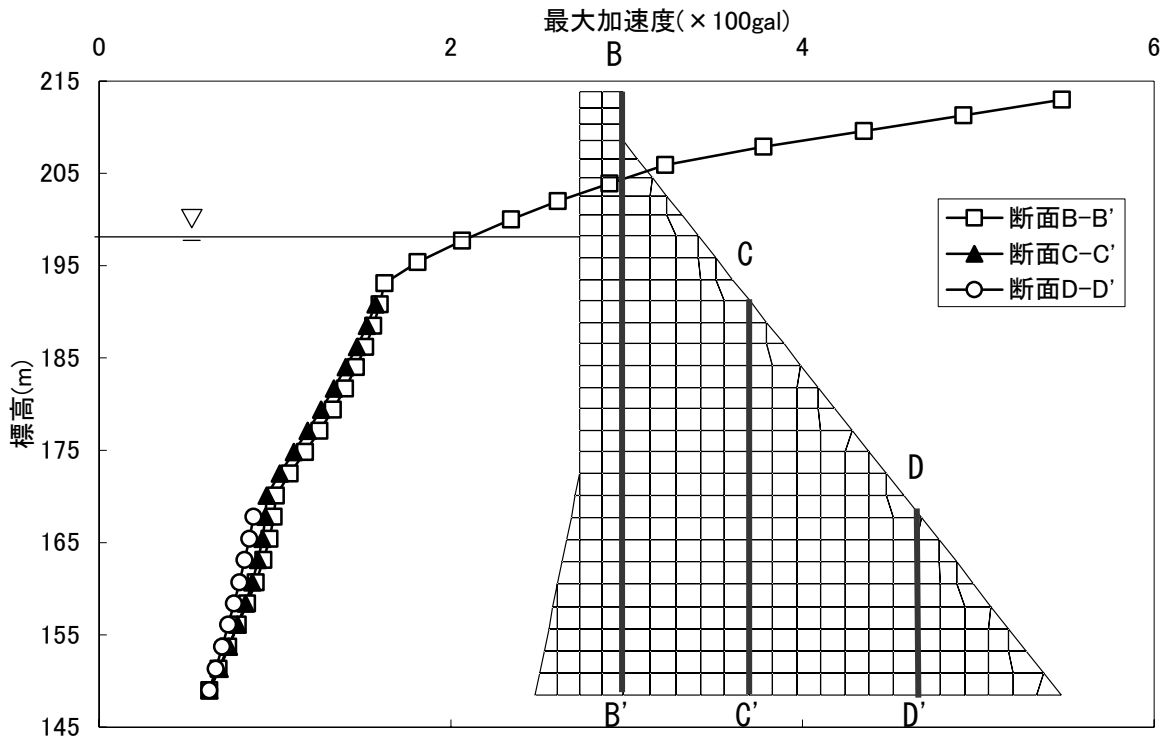


a) 上下流方向

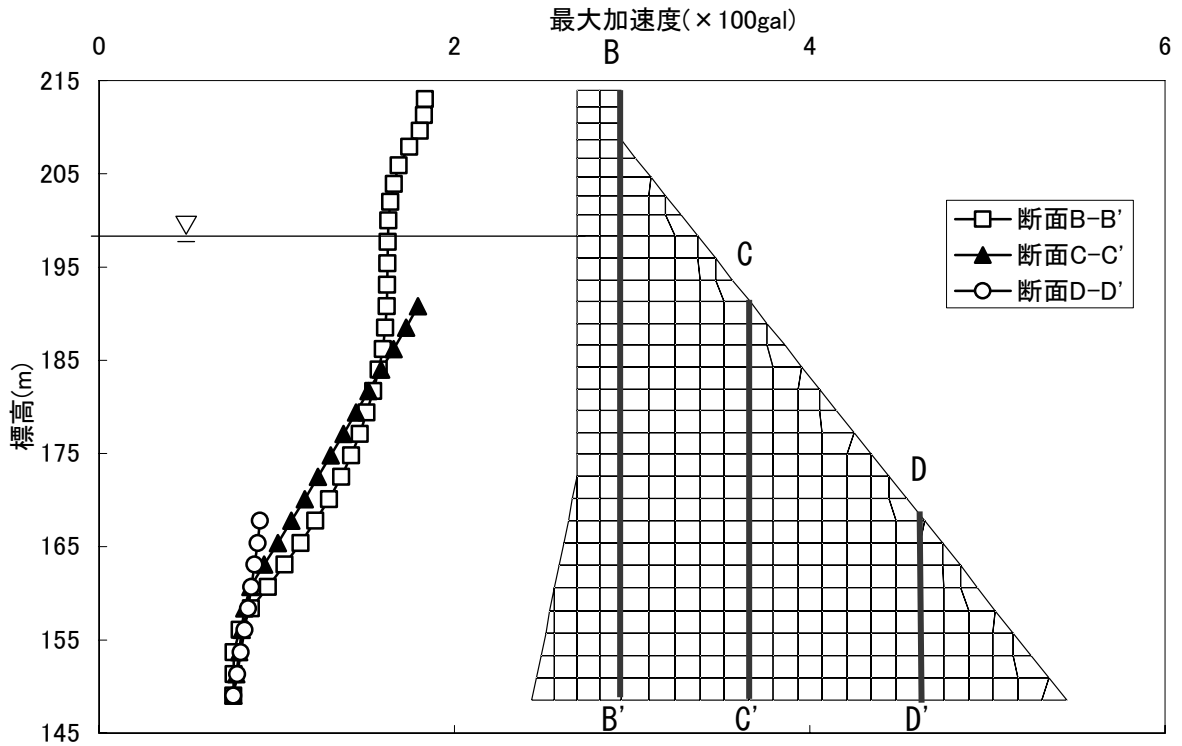


b) 鉛直方向

図-5.5 天端の加速度時刻歴波形と加速度フーリエスペクトルの実測値と解析値の比較（巖木ダム）



a) 上下流方向



b) 鉛直方向

図-5.6 最大加速度深度分布 (瑞梅寺ダム)

## 6. まとめ

福岡県西方沖地震において加速度応答倍率（天端／基礎）が 8～10 であった 3 ダムについて地震応答解析を実施したところ、実測値と解析値に良好な一致がみられた。入力地震動は限定的であるが、重力式コンクリートダムの線形領域における動的解析の信頼性が確認された。

## 謝辞

本論文で応答解析に用いた地震観測記録は、福岡県および国土交通省九州地方整備局が収録されたものを、使用させて頂いたものである。関係者の皆様の観測に関するご努力に敬意を表すとともに、深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 国土交通省河川局治水課：大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説，2005.3
- 2) 塩尻弘雄，上田稔：ダムー岩盤ー貯水の連成を考慮した重力式ダムの三次元地震応答シミュレーション，土木学会論文集，No.640/I-50，pp177-192，2000.1
- 3) 松本徳久，大町達夫，安田成夫，山口嘉一，佐々木隆，倉橋宏：ダムで観測された強震記録の解析，大ダム 第48巻 第193号，pp88-94，2005.10
- 4) 気象庁：2005年3月20日10時53分頃の福岡県西方沖の地震について，報道発表資料，平成17年3月20日12時30分
- 5) 気象庁：2005年4月20日06時11分頃の福岡県西方沖の地震について，報道発表資料，平成17年4月20日7時45分
- 6) 気象庁：平成17年3月地震・火山月報（防災編）
- 7) 九州大学地震火山観測研究センター：ホームページ，2005年福岡県西方沖地震，<http://www.sevo.kyushu-u.ac.jp/2005-GENKAI/>
- 8) 松本徳久，吉田等，佐々木隆，安中正：ICOLD 第21回大会提出課題論文（その3） Q.83-R35 ダムサイトでの地震動の応答スペクトル，大ダム 第46巻 第186号，pp69-76，2004.1
- 9) SuperFLUSH/2D ver3.5 使用説明書及び理論説明書：（株）地震工学研究所，1999.9
- 10) 土木学会「水理公式集」平成11年版，pp296-297

## 卷末資料 1

### 観測記録一覧





Table with columns: Earthquake Name, Geographical Region, Earthquake Number, Date, Time, Longitude, Latitude, Depth, JMA Magnitude, DAM Number, Dam Name, Epicentral Distance, Recorder, Seismometer, Duration, Sampling Period, Number of Data, Peak Acceleration, File Name.

表-ダムで観測された地震加速度記録の一覧







## 巻末資料 2

各ダムの計算ケース結果

鳴瀬ダム（ケース①～④）

巖木ダム（ケース①～⑦）

瑞梅寺ダム（ケース①～④）

# 1. 鳴淵ダムの地震応答再現解析

## 1.1 解析ケース及び物性値

表 1-1 解析ケース及び物性値

ケース	解析モデル	名称	単位 体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポア ソン 比	弾性 係数 (kN/m <sup>2</sup> )	材料 減衰 (%)	全減衰 <sup>2)</sup> (%)	備考
①	ダム-基礎	基礎	24.50	0.35	2.700 × 10 <sup>7</sup>	2	—	Vs=2000m/s <sup>1)</sup>
		コンクリート	23.52	0.20	2.058 × 10 <sup>7</sup>	3		Vs=1890m/s
②	ダム-基礎	基礎	24.50	0.35	2.700 × 10 <sup>7</sup>	2	—	Vs=2000m/s
		コンクリート	23.52	0.20	3.430 × 10 <sup>7</sup>	3		Vs=2440m/s
③	ダムのみ	コンクリート	23.52	0.20	2.058 × 10 <sup>7</sup>	—	10	Vs=1890m/s
④	ダムのみ	コンクリート	23.52	0.20	3.430 × 10 <sup>7</sup>	—	10	Vs=2440m/s

註：

- 1) 孔内载荷試験による静的弾性係数と Vp との関係から推定  
 $E_s=22,000\text{kgf/cm}^2 \Rightarrow V_p \doteq 4160\text{m/s} \Rightarrow V_s=2000\text{m/s} (v=0.35)$

表-7.2.9 孔内载荷試験結果

岩種	岩級	弾性係数(kgf/cm <sup>2</sup> )			今回採用値 (kgf/cm <sup>2</sup> )
		試験値の幅	個数	平均値	
角閃岩	C <sub>M</sub>	17,000~28,000	5	22,800	22,000
	C <sub>L</sub>	—	—	—	9,500 <sup>※)</sup>
かんらん岩	C <sub>M</sub>	11,000~32,000	2	21,500	22,000
	C <sub>L</sub>	5,000~16,000	4	9,500	9,500

鳴淵ダム工事誌、平成  
14年3月

※) かんらん岩と同じとする。

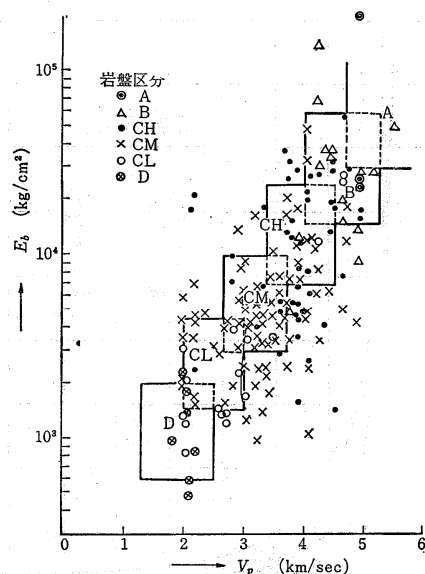


図-6.59 弾性波速度とボーリング孔内変形係数 Es (花崗岩)

岩の工学的性質と設  
計・施工への応用  
土質工学会

- 2) 全減衰 = 材料減衰 + 逸散減衰

## 1.2 解析結果

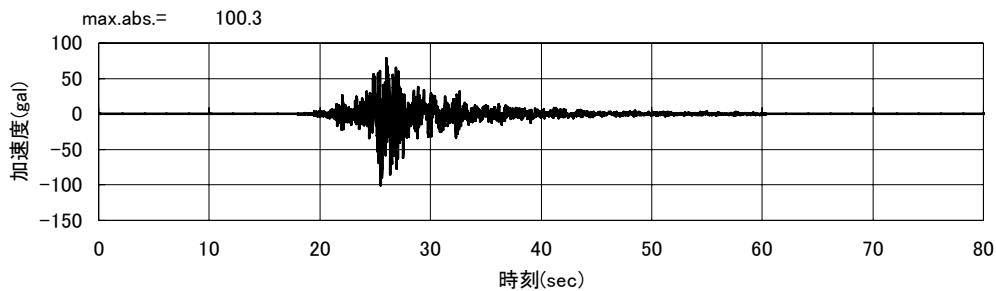
### (1) 固有値解析

表 1-2 固有値解析結果（ダムのみ）

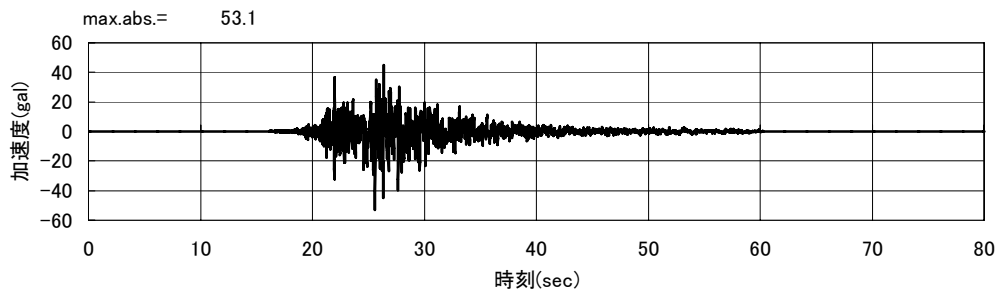
コンクリート弾性係数 (kN/m <sup>2</sup> )	$2.058 \times 10^7$	$3.430 \times 10^7$	備考 貯水による付加質量を考慮
ポアソン比	0.20	0.20	
単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	23.52	23.52	
一次固有周波数	7.41Hz (0.13 秒)	9.81Hz (0.10 秒)	

### (2) 基盤波

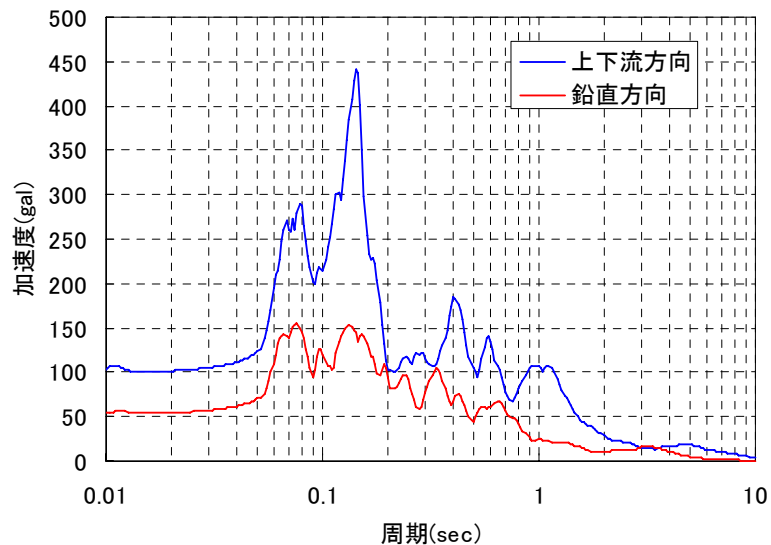
図 1-1 と図 1-2 に解析で得られた入力地震動（基盤波：2E）を示す。



a) 加速度時刻歴（上下流方向）

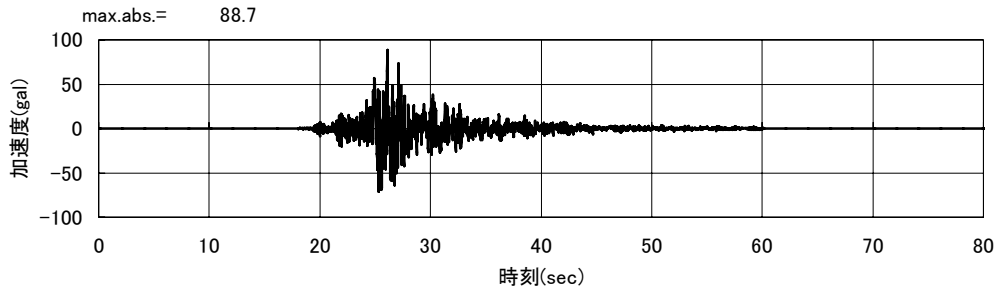


b) 加速度時刻歴（鉛直方向）

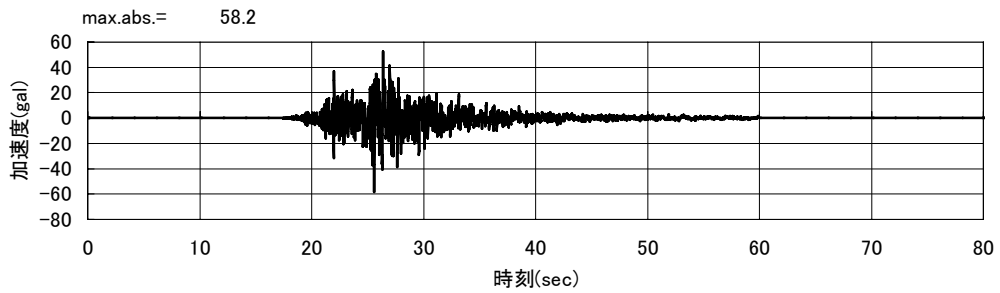


c) 加速度応答スペクトル (h=5%)

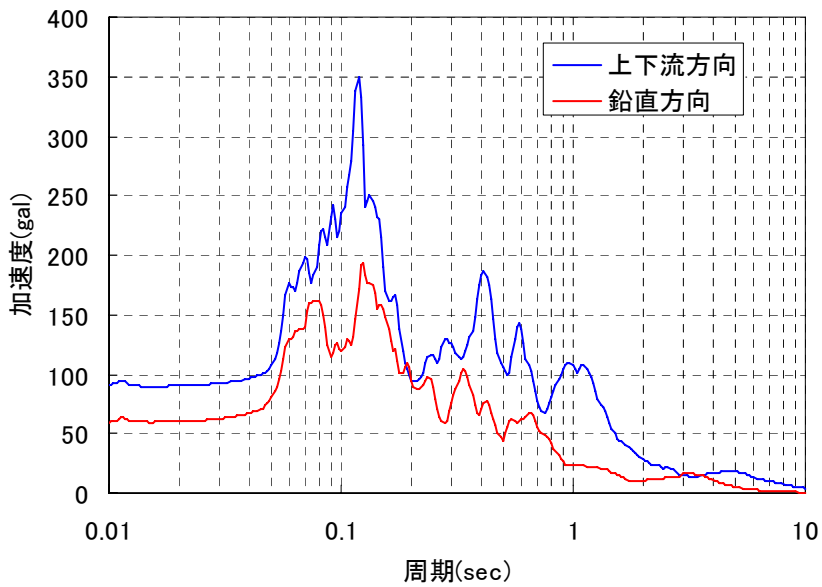
図 1-1 基盤波加速度諸元（ケース①）



a) 加速度時刻歴（上下流方向）



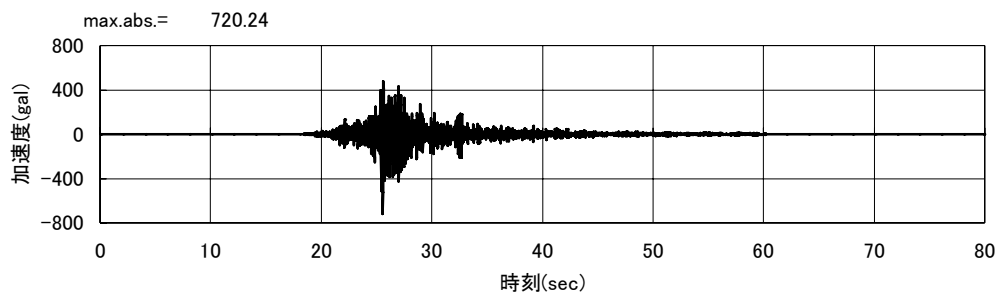
b) 加速度時刻歴（鉛直方向）



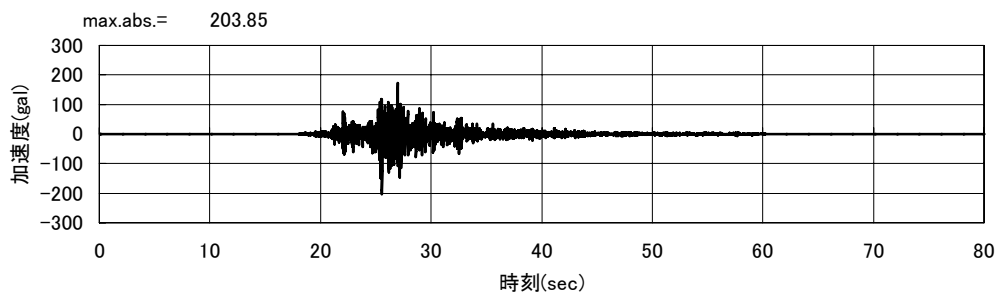
c) 加速度応答スペクトル (h=5%)

図 1-2 基盤波加速度諸元（ケース②）

(3) 観測点応答比較

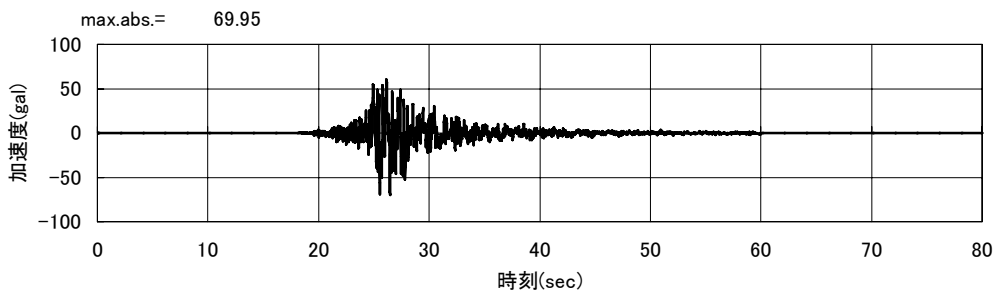


a) 上下流方向

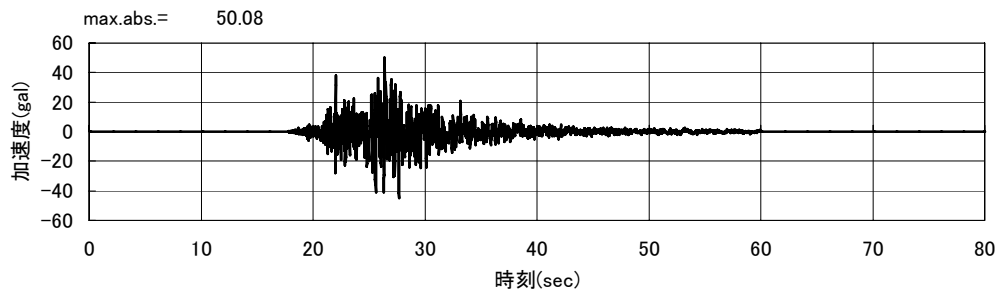


b) 鉛直方向

図 1-3 解析による加速度時刻歴（天端、ケース①）

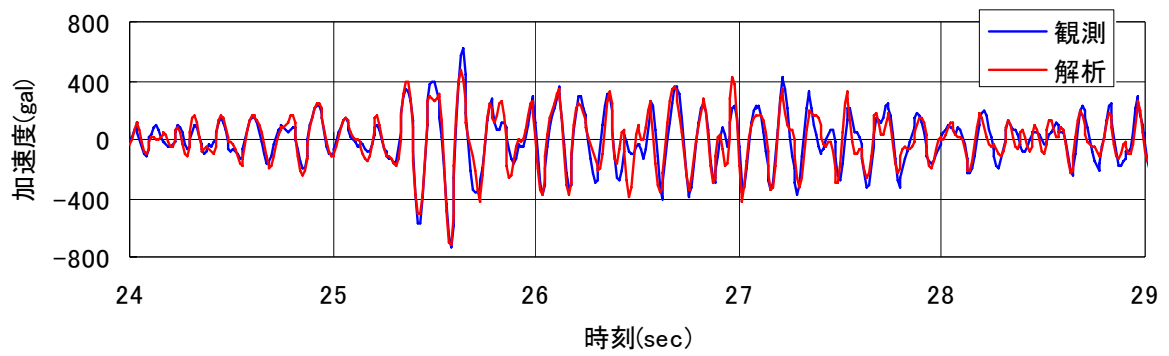


a) 上下流方向

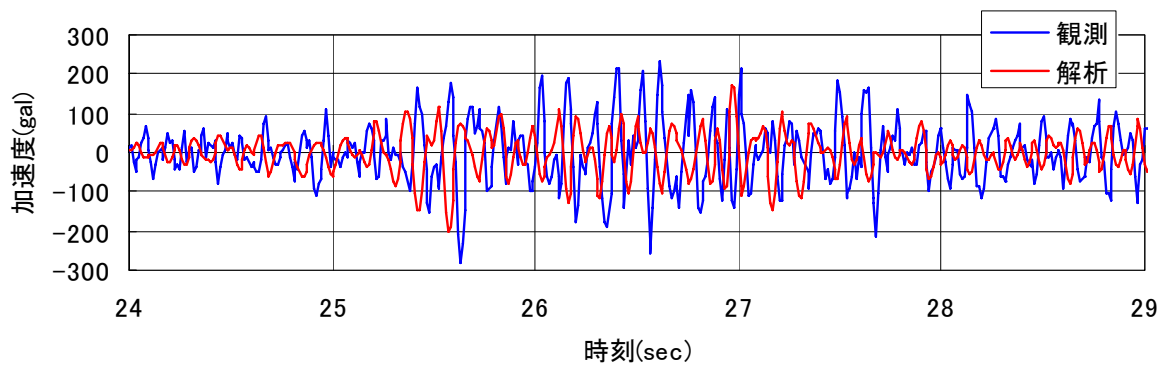


b) 鉛直方向

図 1-4 解析による加速度時刻歴（監査廊、ケース①）

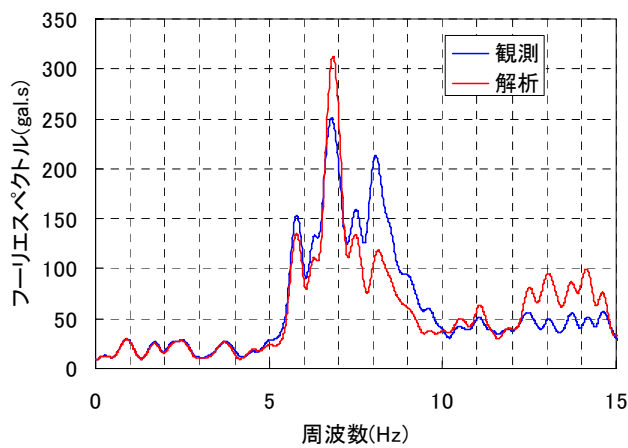


a) 上下流方向

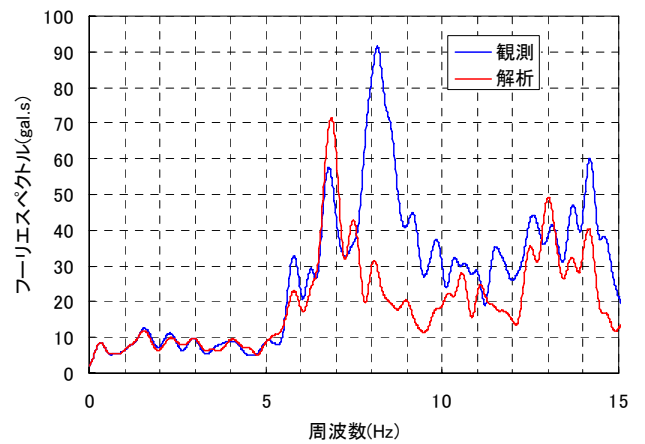


b) 鉛直方向

図 1-5 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース①)

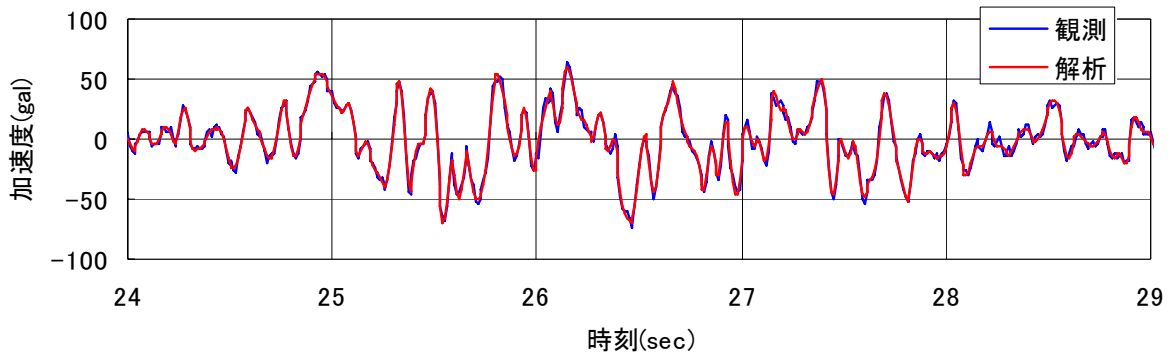


a) 上下流方向

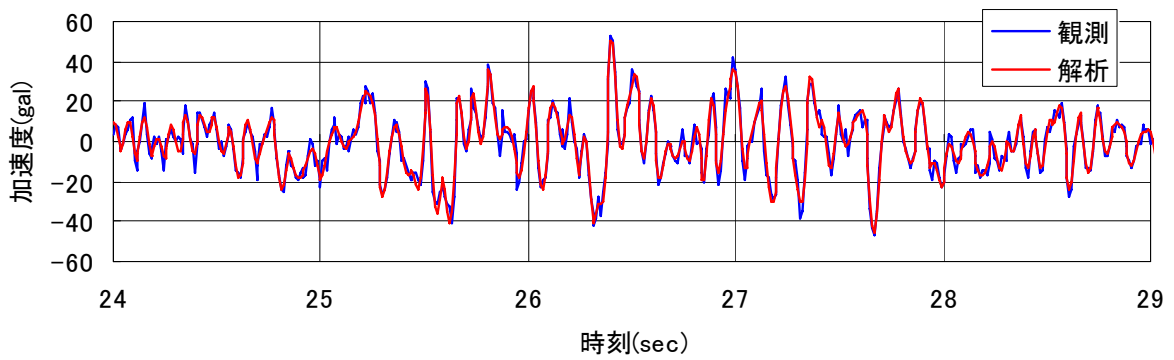


b) 鉛直方向

図 1-6 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース①)

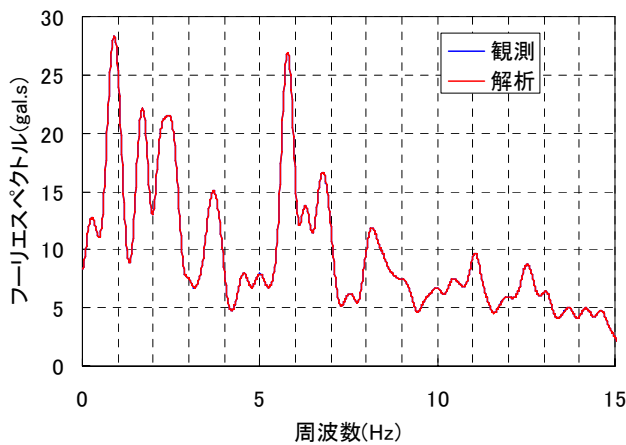


a) 上下流方向

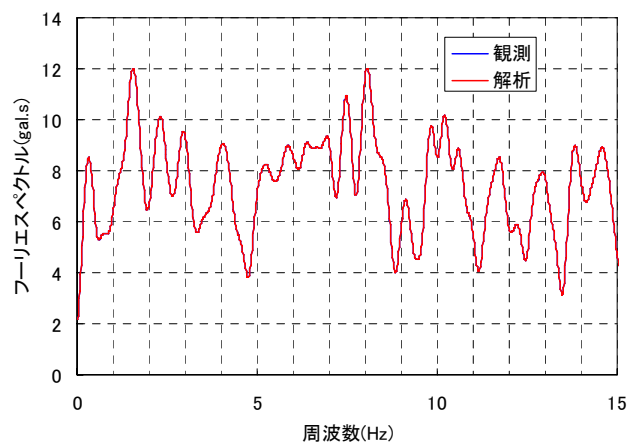


b) 鉛直方向

図 1-7 加速度時刻歴の比較 (監査廊、ケース①)



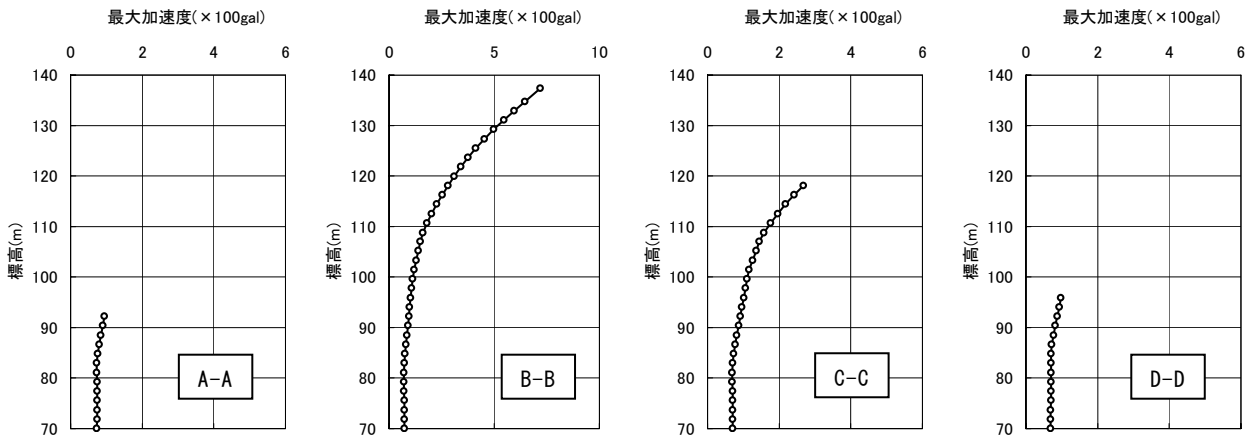
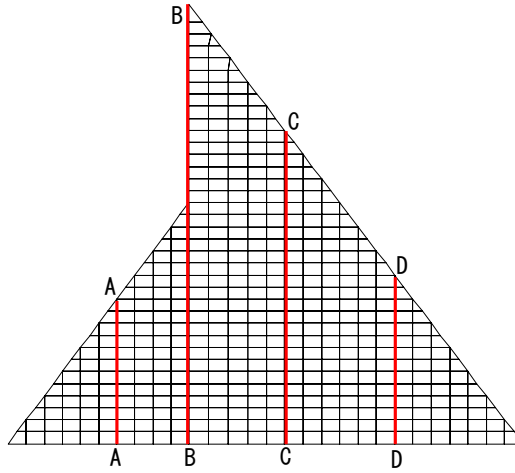
a) 上下流方向



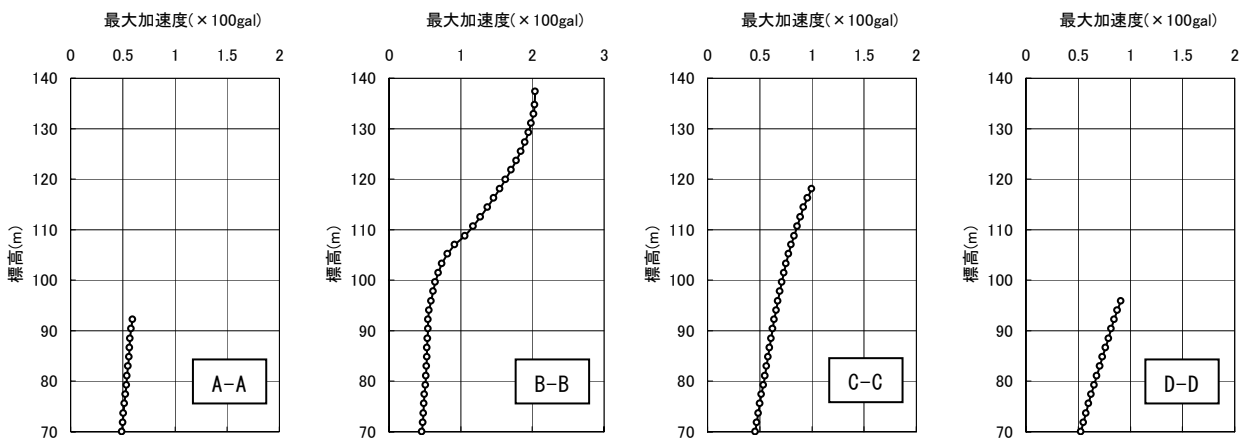
b) 鉛直方向

図-1-8 加速度フーリエスペクトルの比較 (監査廊、ケース①)



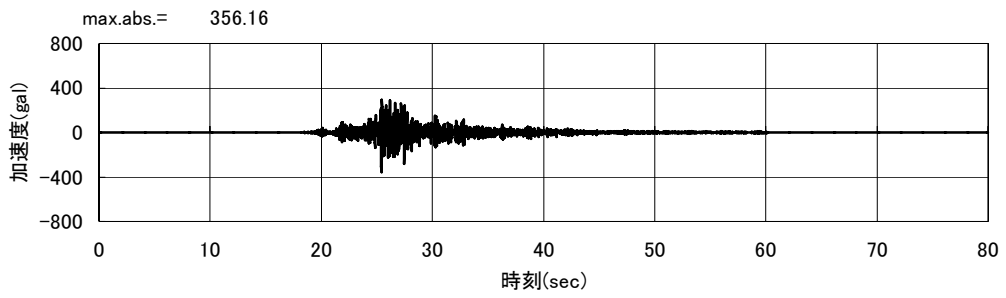


a) 上下流方向

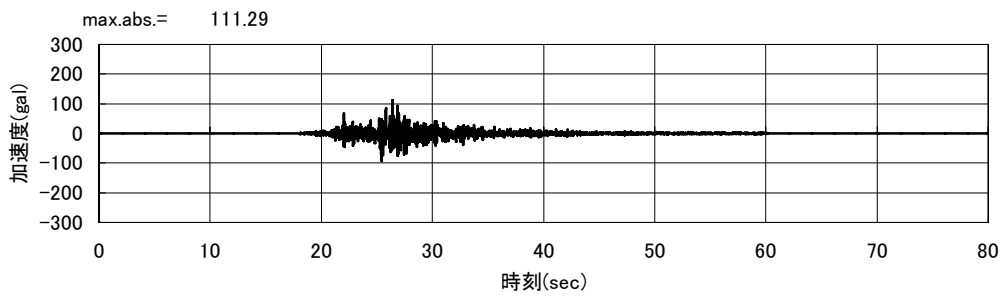


b) 鉛直方向

図 1-9 最大加速度深度分布 (ケース①)

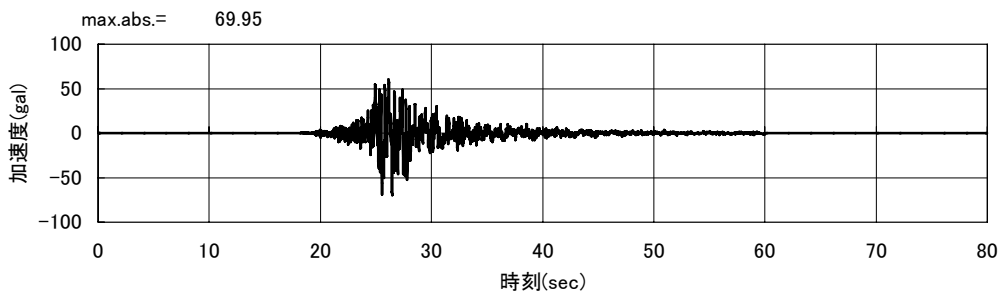


a) 上下流方向

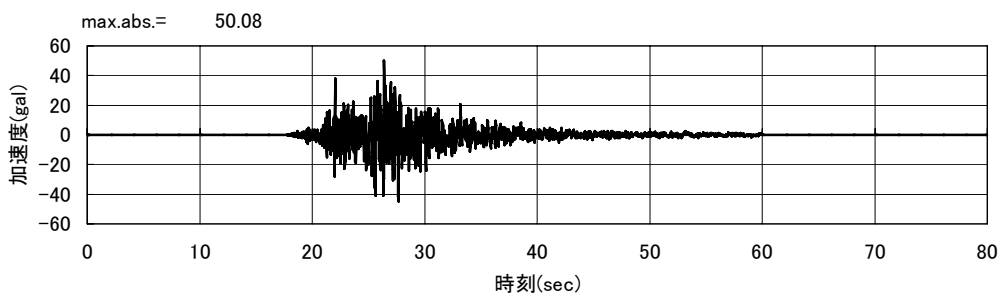


b) 鉛直方向

図 1-10 解析による加速度時刻歴（天端、ケース②）

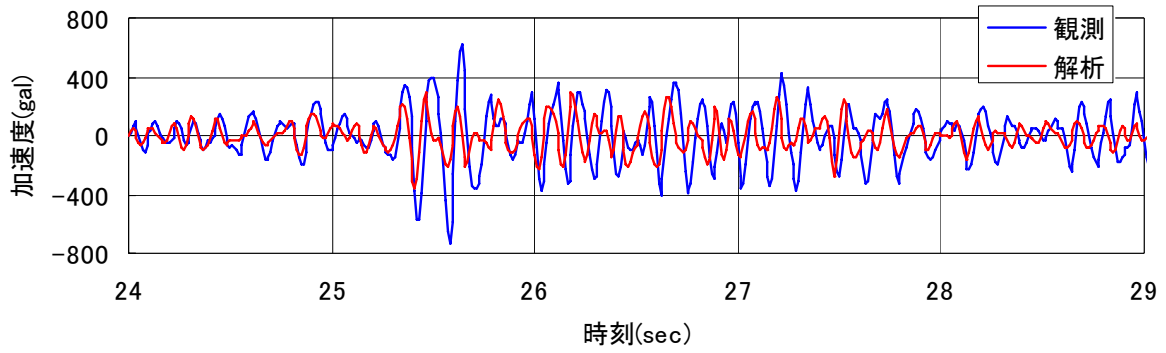


a) 上下流方向

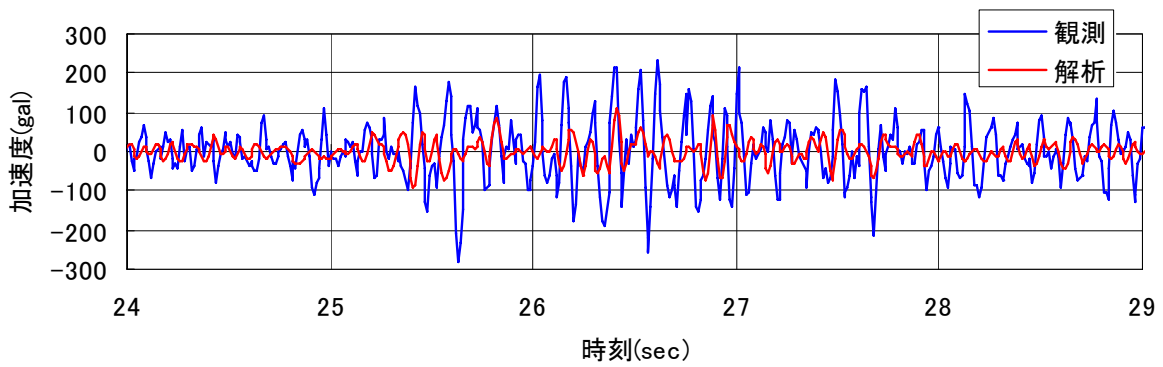


b) 鉛直方向

図 1-11 解析による加速度時刻歴（監査廊、ケース②）

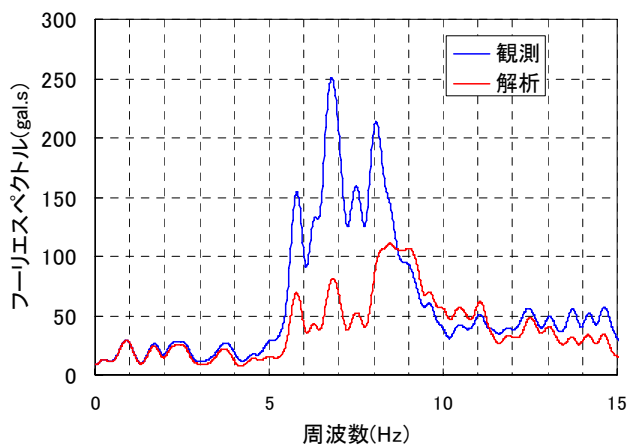


a) 上下流方向

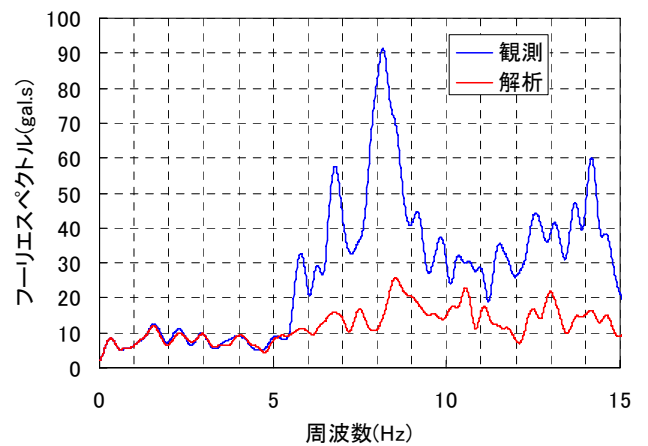


b) 鉛直方向

図 1-12 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース②)

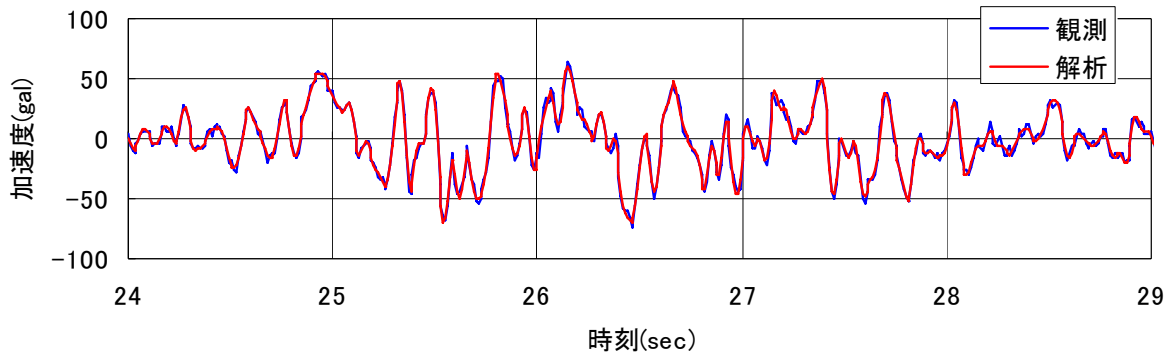


a) 上下流方向

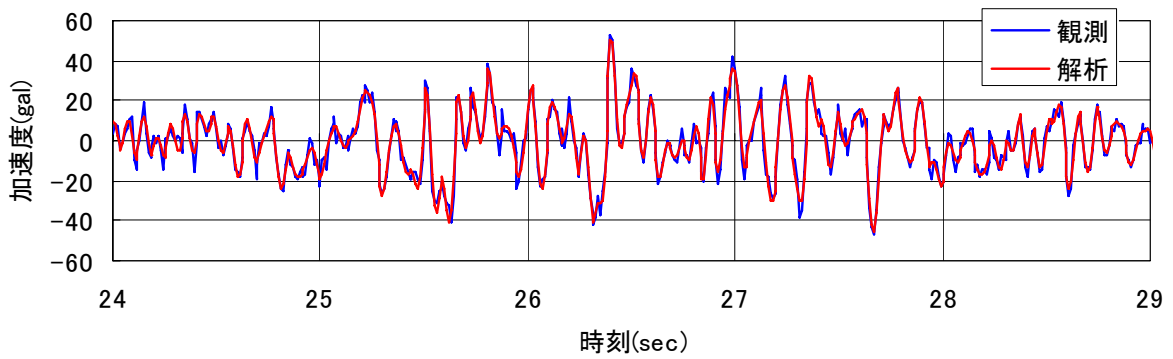


b) 鉛直方向

図 1-13 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース②)

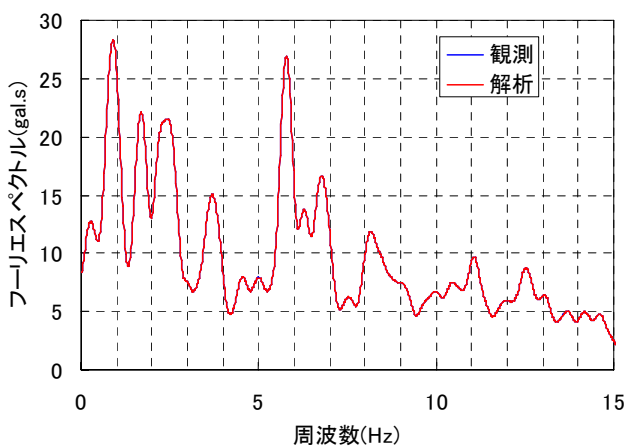


a) 上下流方向

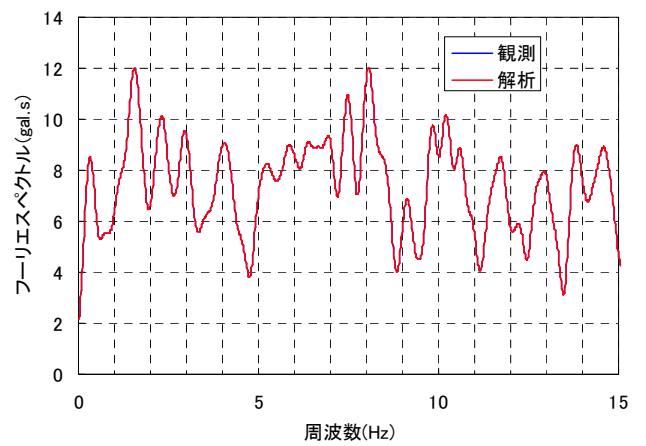


b) 鉛直方向

図 1-14 加速度時刻歴の比較 (監査廊、ケース②)

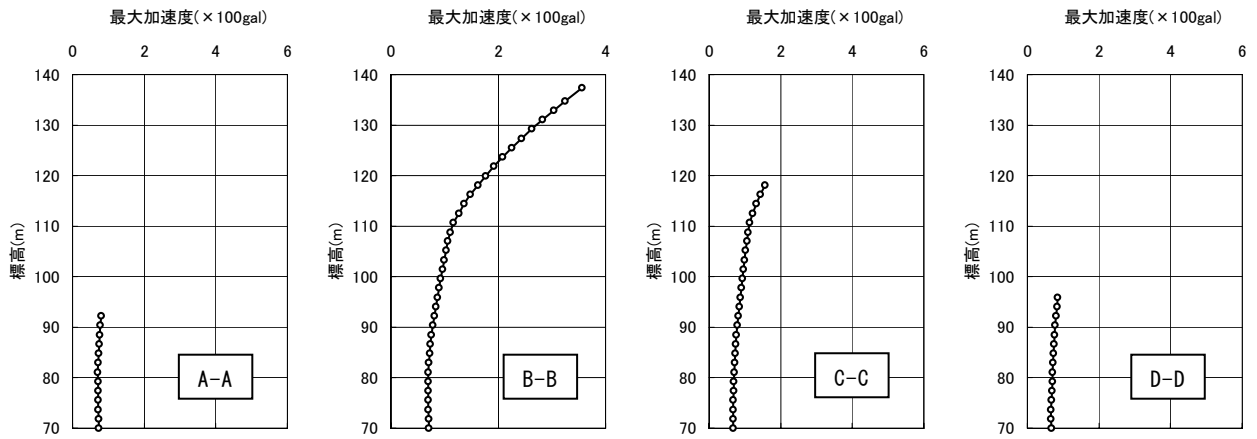
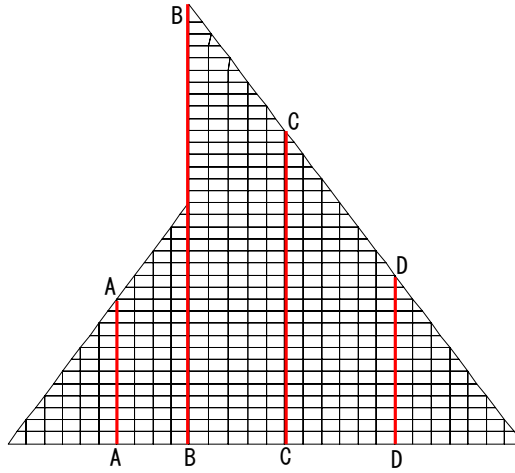


a) 上下流方向

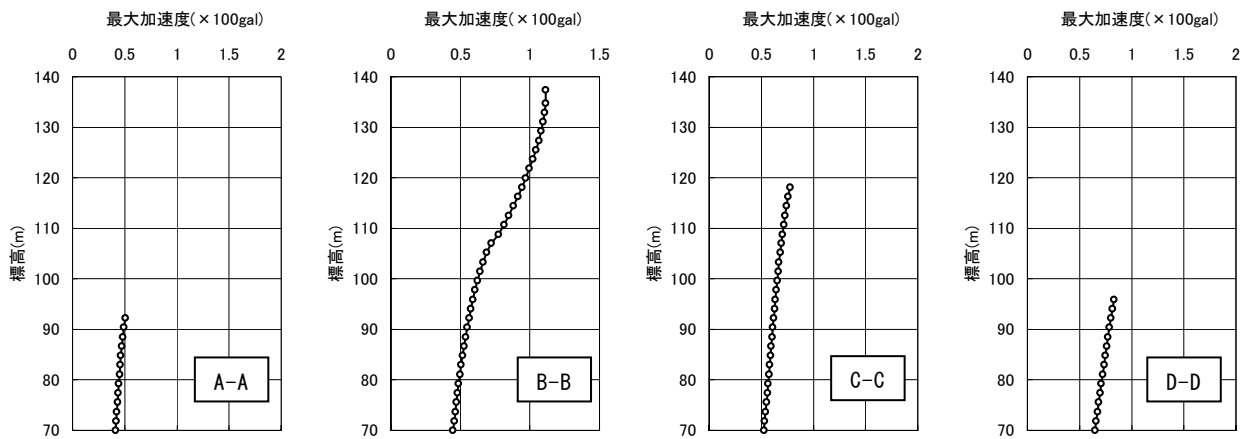


b) 鉛直方向

図 1-15 加速度フーリエスペクトルの比較 (監査廊、ケース②)

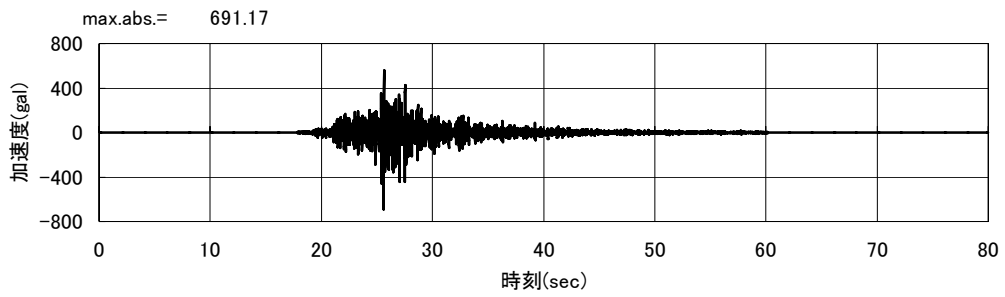


a) 上下流方向

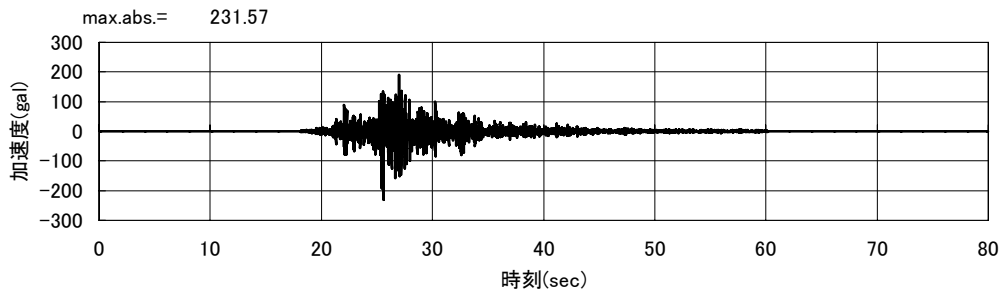


b) 鉛直方向

図 1-16 最大加速度深度分布 (ケース②)

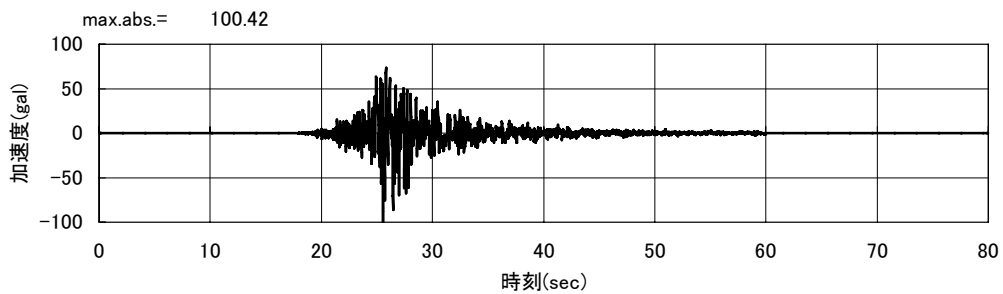


a) 上下流方向

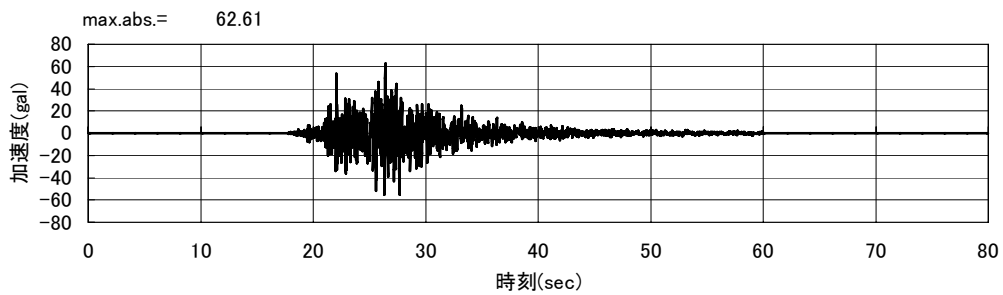


b) 鉛直方向

図 1-17 解析による加速度時刻歴（天端、ケース③）

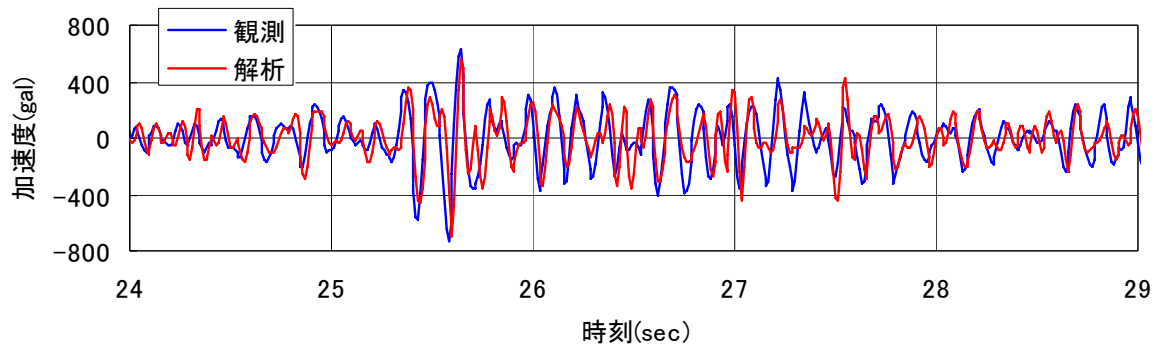


a) 上下流方向

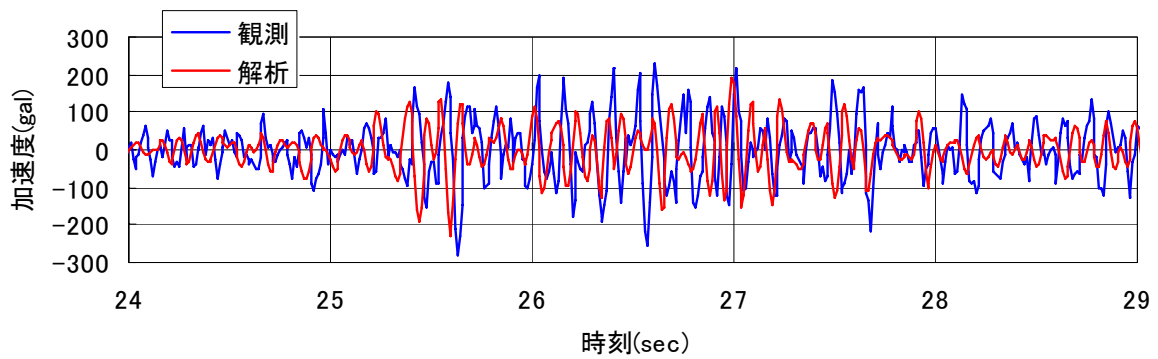


b) 鉛直方向

図 1-18 解析による加速度時刻歴（監査廊、ケース③）

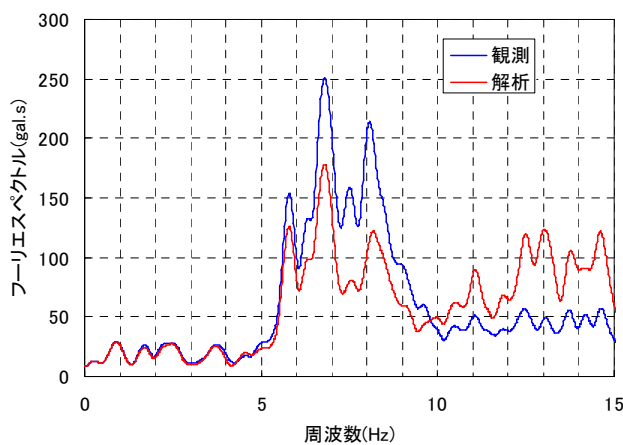


a) 上下流方向

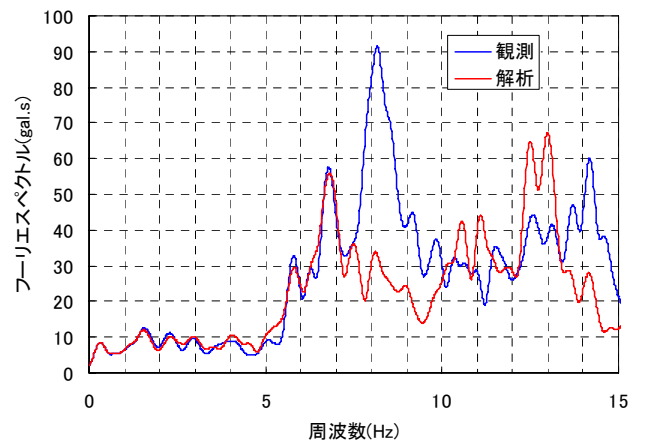


b) 鉛直方向

図 1-19 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース③)

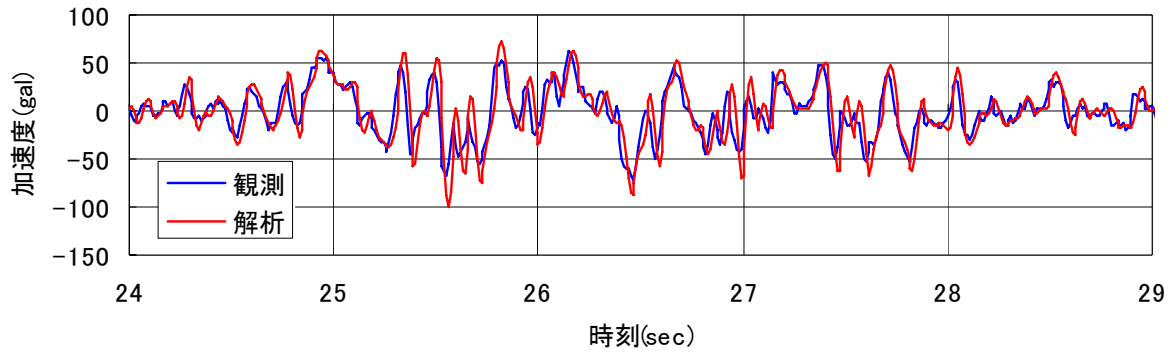


a) 上下流方向

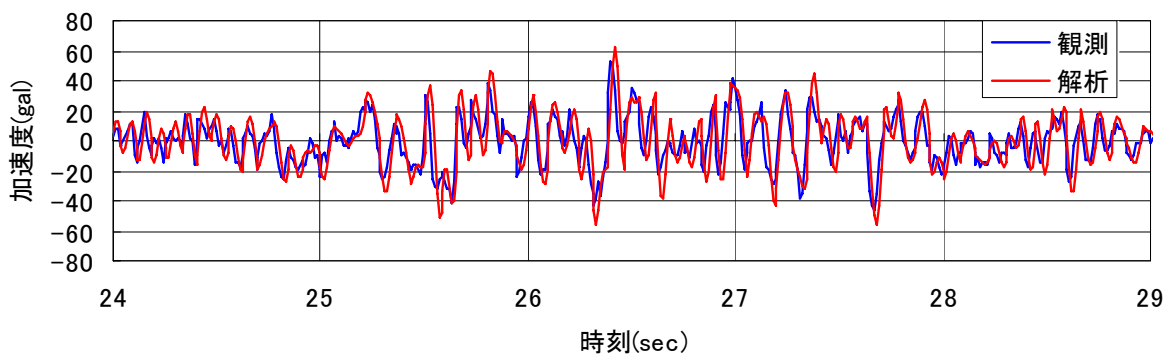


b) 鉛直方向

図 1-20 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース③)

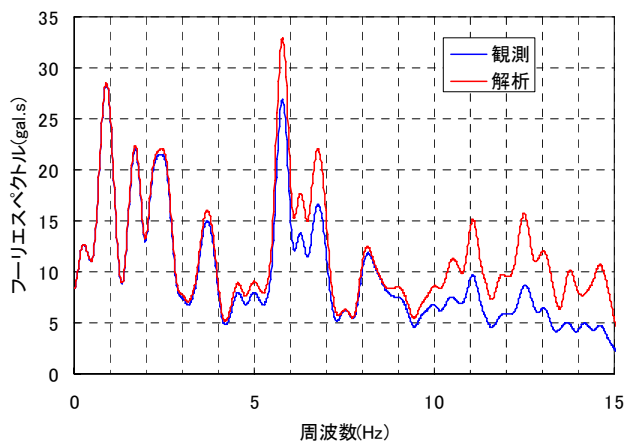


a) 上下流方向

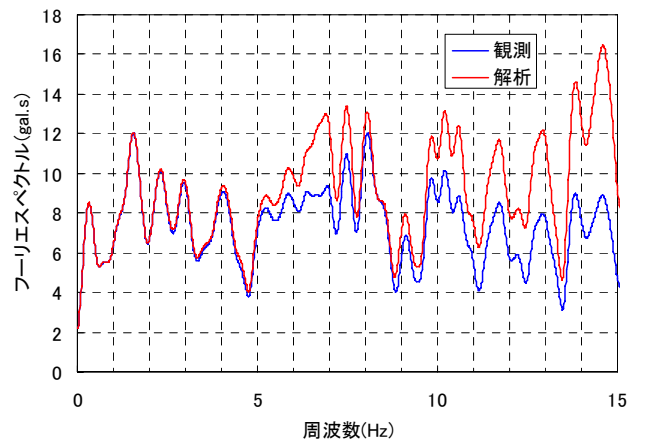


b) 鉛直方向

図 1-21 加速度時刻歴の比較 (監査廊、ケース③)



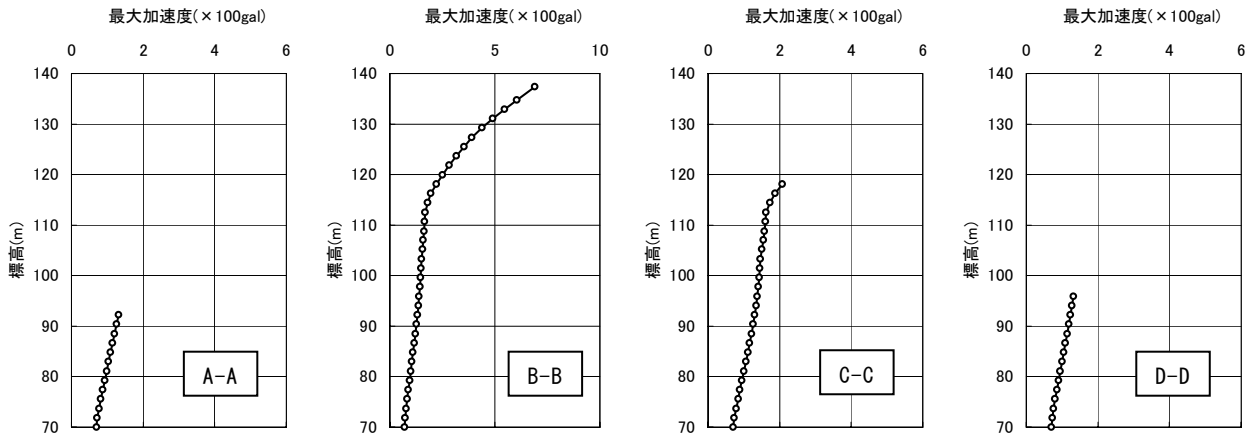
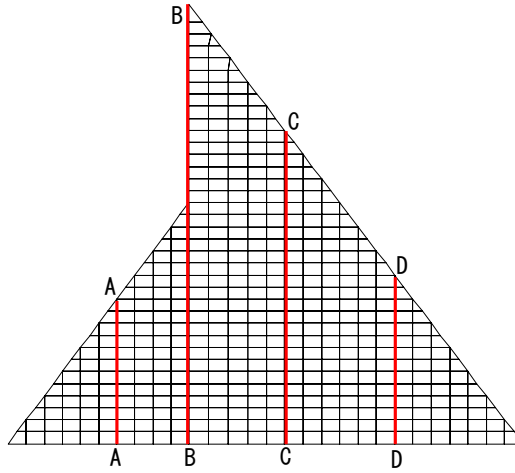
a) 上下流方向



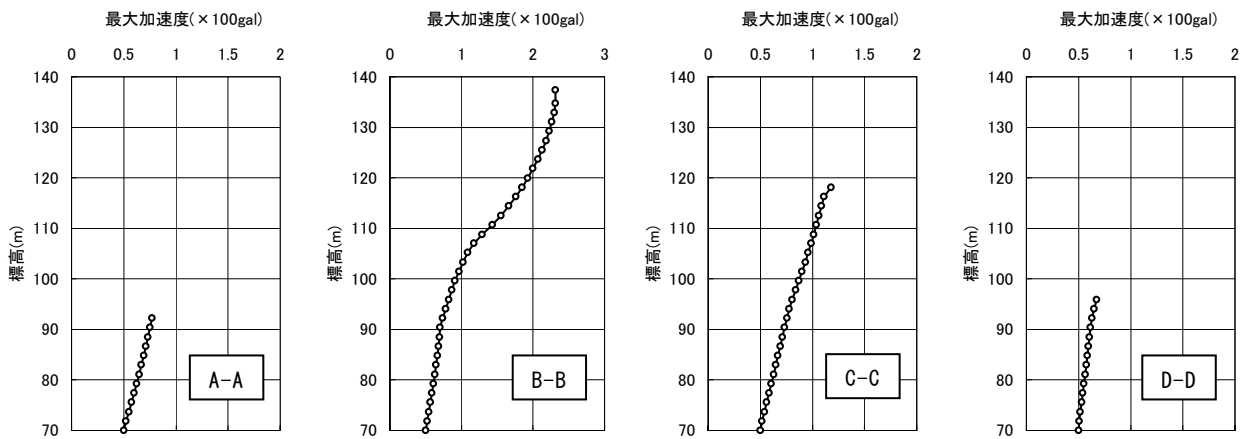
b) 鉛直方向

図 1-22 加速度フーリエスペクトルの比較 (監査廊、ケース③)



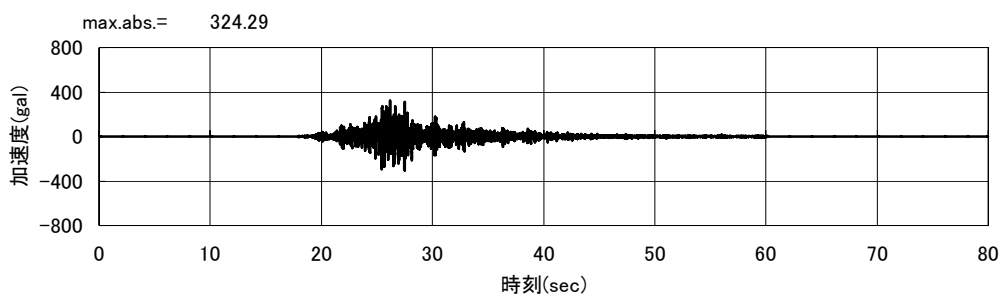


a) 上下流方向

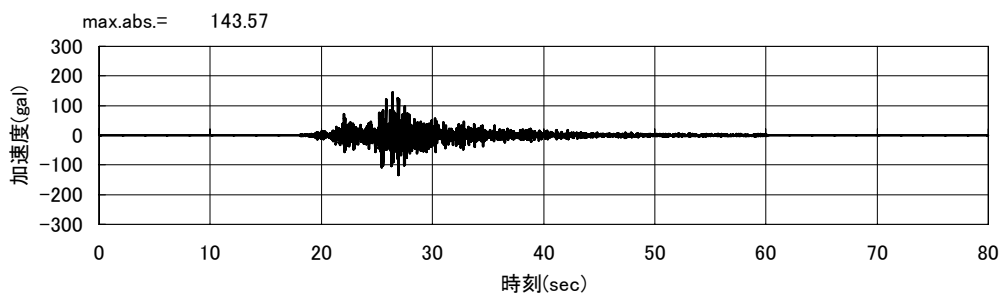


b) 鉛直方向

図 1-23 最大加速度深度分布 (ケース③)

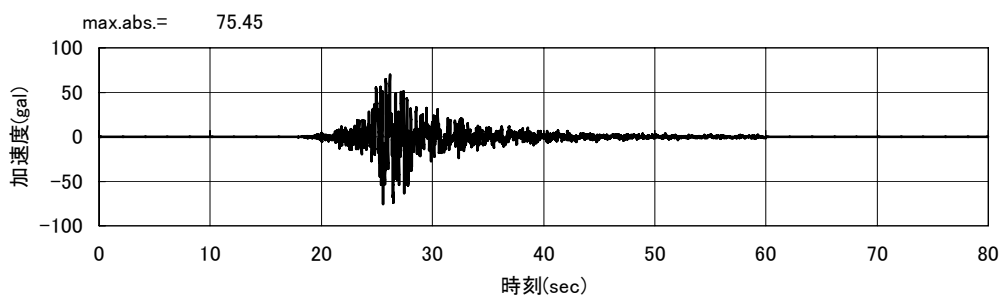


a) 上下流方向

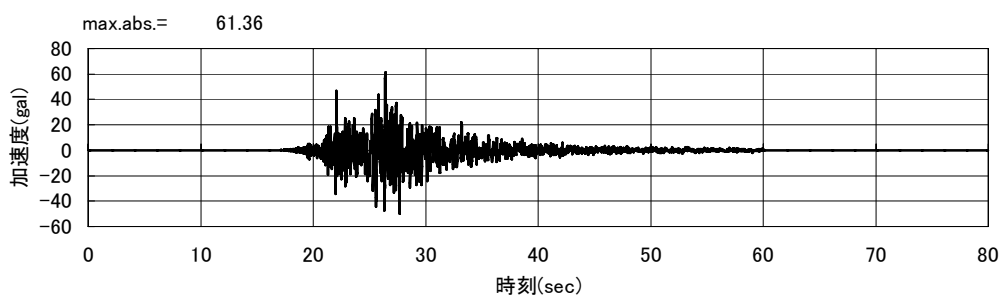


b) 鉛直方向

図 1-24 解析による加速度時刻歴（天端、ケース④）

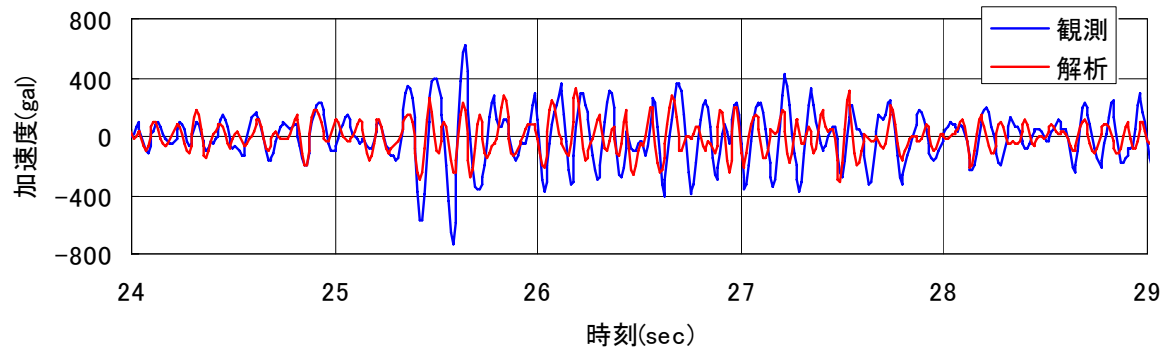


a) 上下流方向

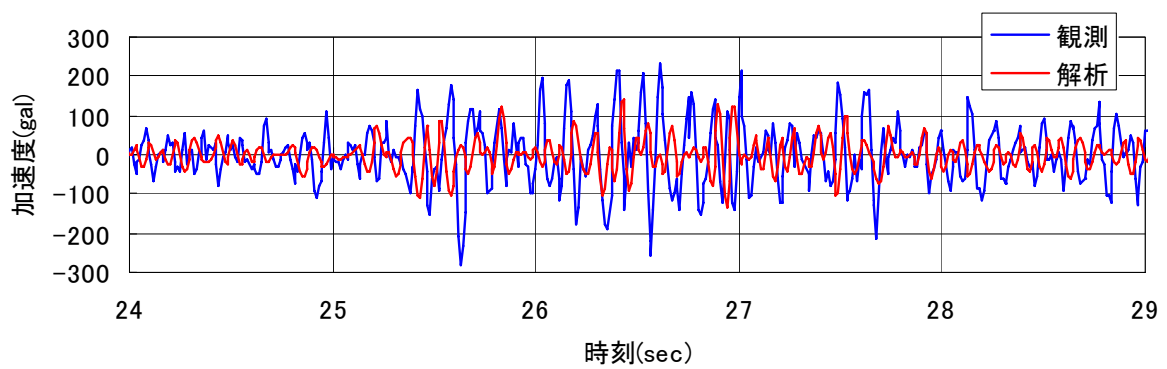


b) 鉛直方向

図 1-25 解析による加速度時刻歴（監査廊、ケース④）

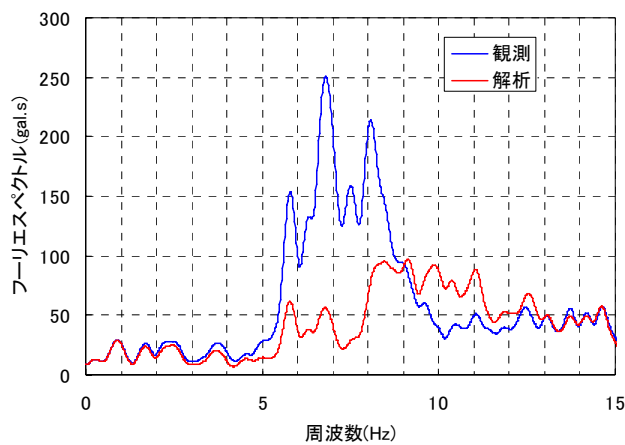


a) 上下流方向

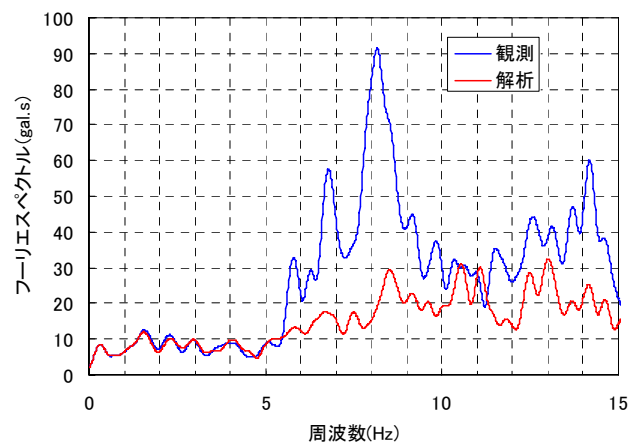


b) 鉛直方向

図 1-26 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース④)

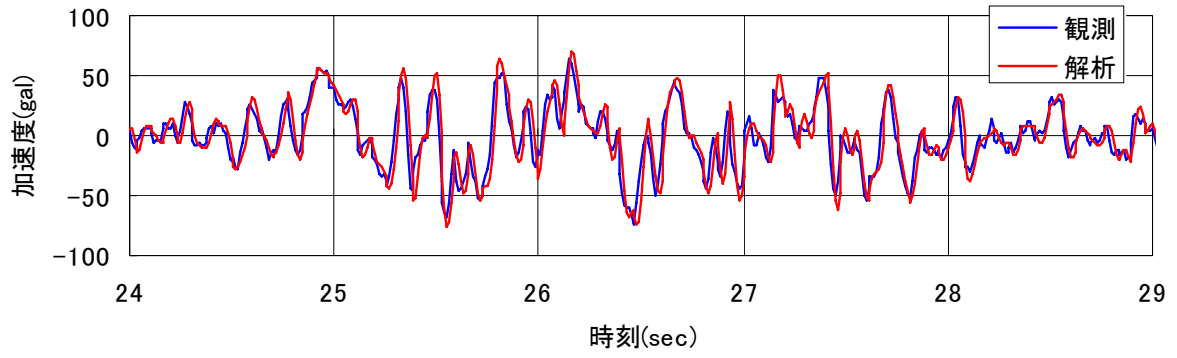


a) 上下流方向

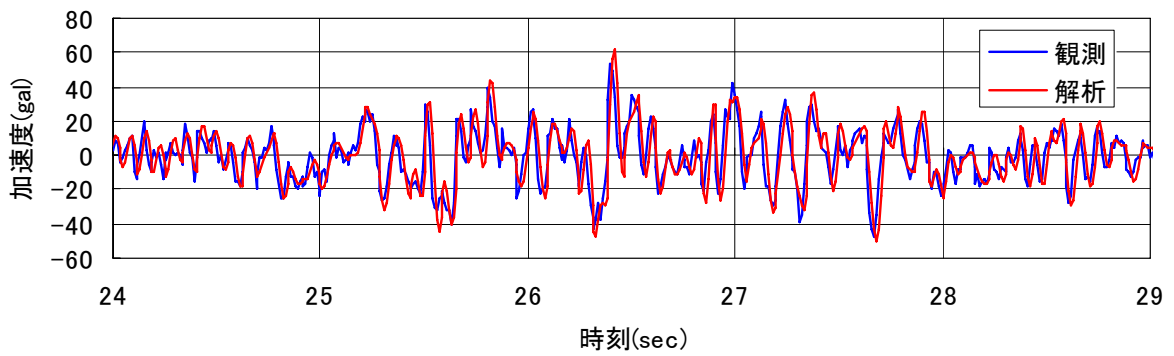


b) 鉛直方向

図 1-27 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース④)

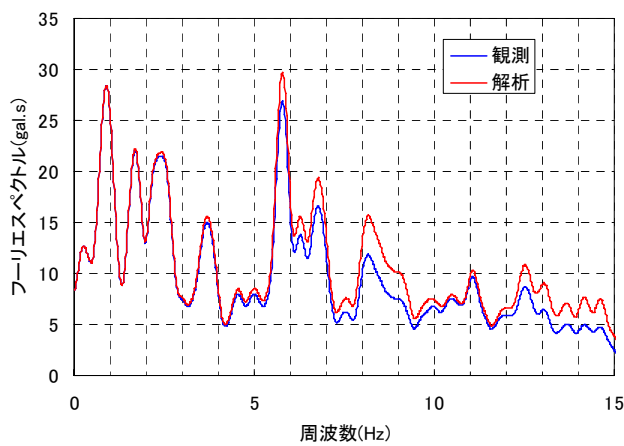


a) 上下流方向

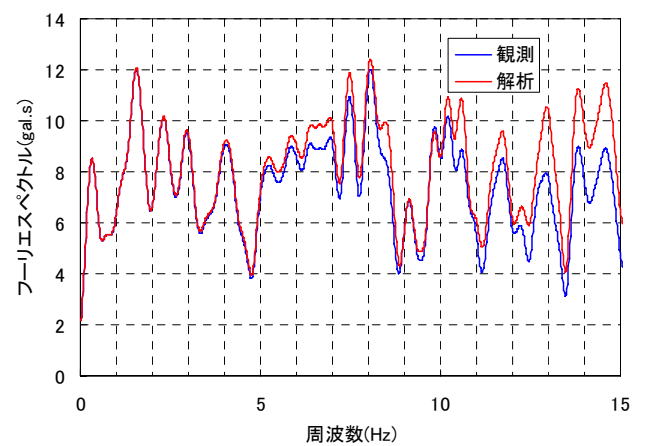


b) 鉛直方向

図 1-28 加速度時刻歴の比較 (監査廊、ケース④)

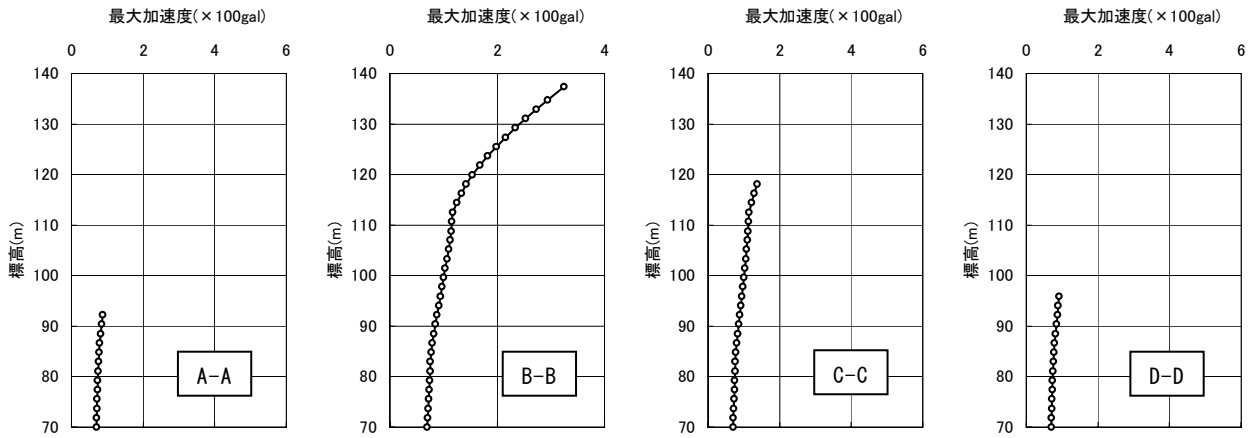
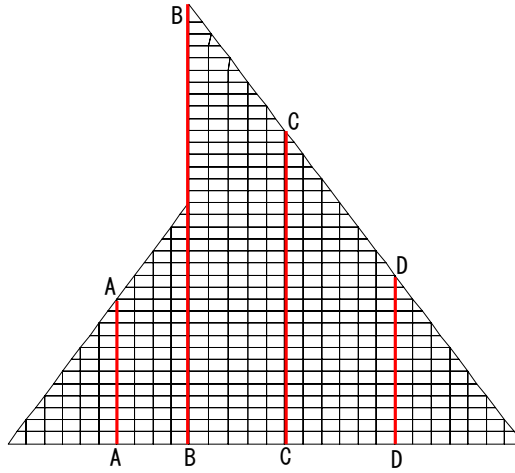


a) 上下流方向

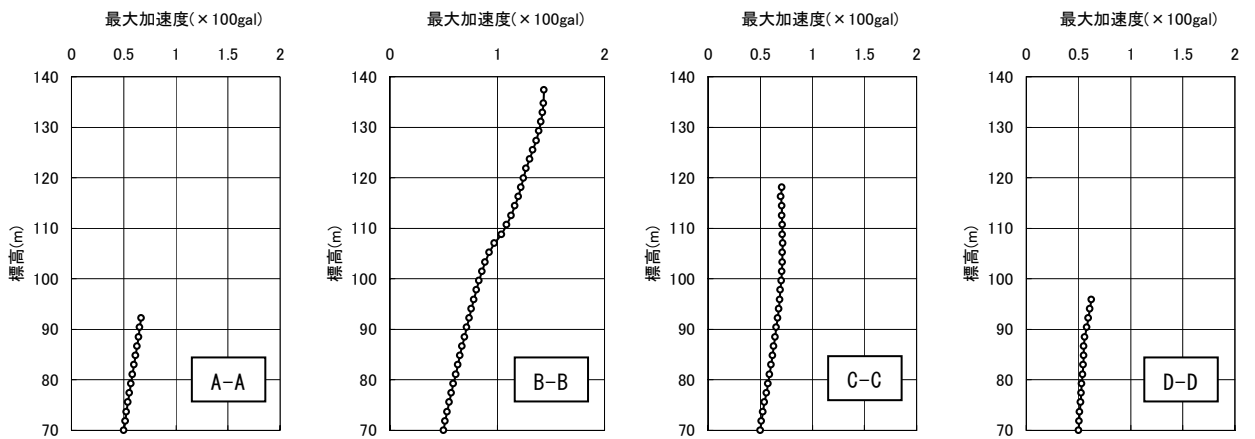


b) 鉛直方向

図 1-29 加速度フーリエスペクトルの比較 (監査廊、ケース④)



a) 上下流方向



b) 鉛直方向

図 1-30 最大加速度深度分布 (ケース④)

(4) 最大加速度比較

表 1-3 最大加速度の比較

観測点	方向	観測値 (gal)	解析値 (gal)			
			ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
天端	上下流方向	734.0	720.2	356.2	691.2	324.3
	鉛直方向	282.9	203.9	111.3	231.6	143.6
監査廊	上下流方向	73.0	70.0	70.0	100.4	75.5
	鉛直方向	53.1	50.1	50.1	62.6	61.4

## 2. 巖木ダムの地震応答再現解析

### 2.1 解析ケース及び物性値

表 2-1 解析ケース及び物性値

ケース	解析モデル	名称	単位 体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポア ソン 比	弾性 係数 (kN/m <sup>2</sup> )	材料 減衰 (%)	全減衰 <sup>3)</sup> (%)	備考
①	ダム-基礎	基礎	24.50	0.16 <sup>1)</sup>	$6.125 \times 10^7$	2	—	V <sub>s</sub> =3250m/s
		コンクリート	23.52	0.20	$2.058 \times 10^7$	3		V <sub>s</sub> =1890m/s
②	ダム-基礎	基礎	24.50	0.35	$4.050 \times 10^7$	2	—	V <sub>s</sub> =2450m/s <sup>2)</sup>
		コンクリート	23.52	0.20	$2.058 \times 10^7$	3		V <sub>s</sub> =1890m/s
③	ダム-基礎	基礎	24.50	0.35	$4.050 \times 10^7$	2	—	V <sub>s</sub> =2450m/s
		コンクリート	23.52	0.20	$3.430 \times 10^7$	3		V <sub>s</sub> =2440m/s
④	ダムのみ	コンクリート	23.52	0.20	$2.058 \times 10^7$	—	10	V <sub>s</sub> =1890m/s
⑤	ダムのみ	コンクリート	23.52	0.20	$3.430 \times 10^7$	—	10	V <sub>s</sub> =2440m/s
⑥	ダムのみ	コンクリート	23.52	0.20	$3.430 \times 10^7$	—	8	V <sub>s</sub> =2440m/s
⑦	ダムのみ	コンクリート	23.52	0.20	$3.430 \times 10^7$	—	5	V <sub>s</sub> =2440m/s

註：

- 1) V<sub>p</sub>=5100m/s、V<sub>s</sub>=3250m/s（土木研究所資料第 3768 号、平成 13 年 1 月、国土交通省土木研究所）により算定
- 2) V<sub>p</sub>=5100m/s、 $\nu=0.35$  により算定
- 3) 全減衰 = 材料減衰 + 逸散減衰

## 2.2 解析結果

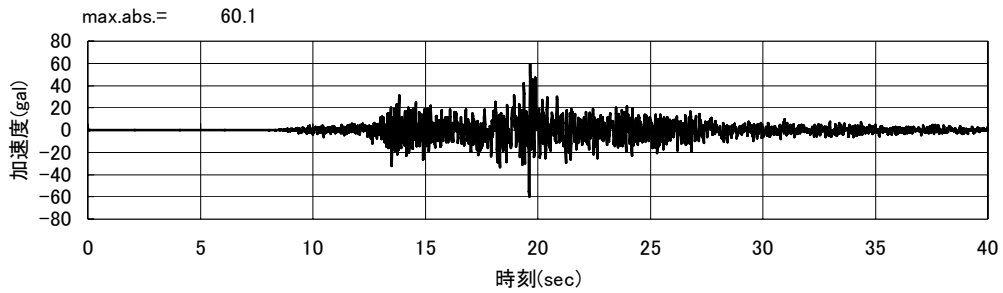
### (1) 固有値解析

表 2-2 固有値解析結果 (ダムのみ)

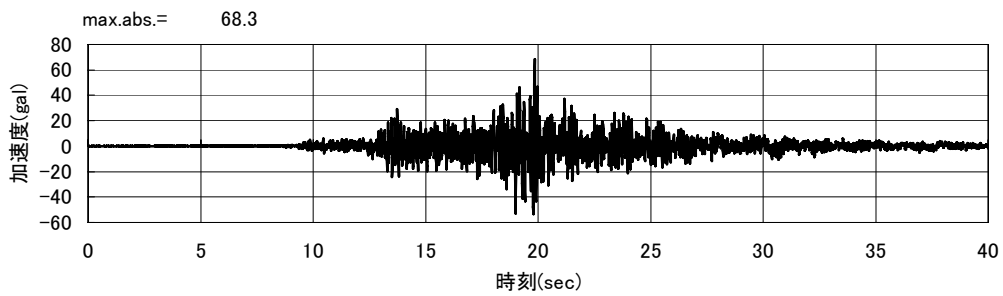
コンクリート弾性係数 (kN/m <sup>2</sup> )	$2.058 \times 10^7$	$3.430 \times 10^7$	備考
ポアソン比	0.20	0.20	貯水による 付加質量を 考慮
単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	23.52	23.52	
一次固有周波数	3.76Hz (0.27 秒)	4.86Hz (0.21 秒)	

### (2) 基盤波

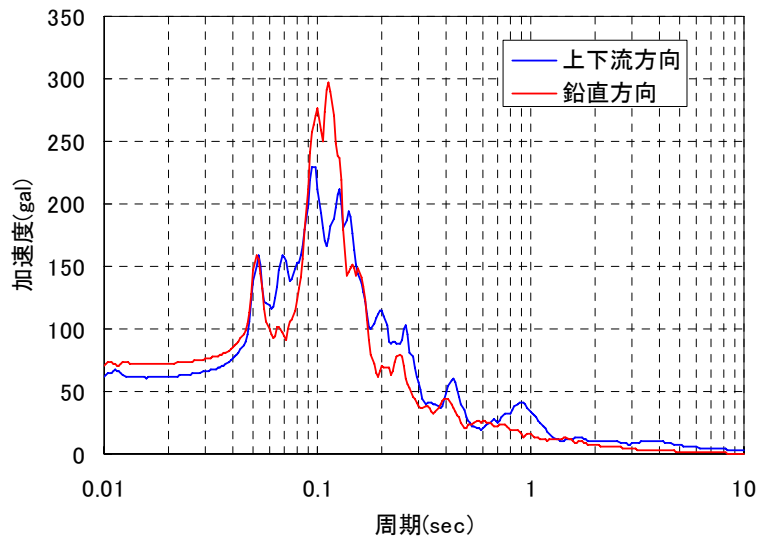
図 2-1～図 2-3 に解析で得られた入力地震動 (基盤波: 2E) を示す。



a) 加速度時刻歴 (上下流方向)



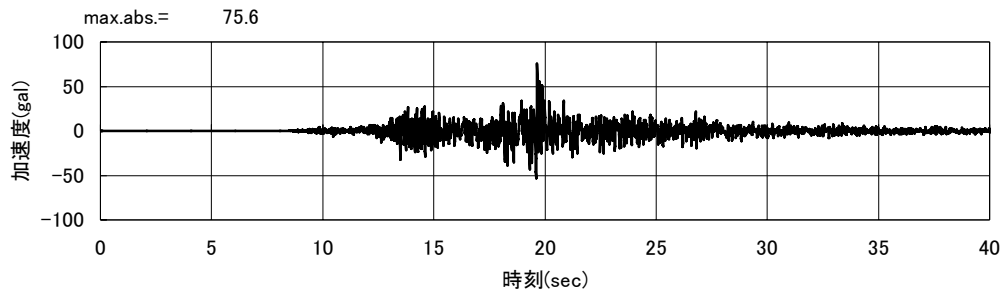
b) 加速度時刻歴 (鉛直方向)



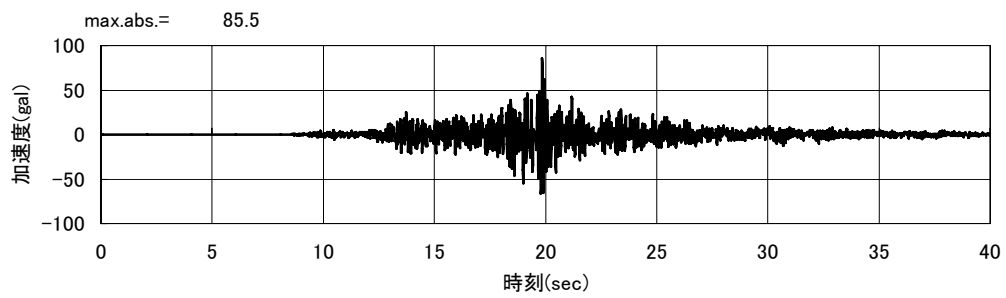
c) 加速度応答スペクトル (h=5%)

図 2-1 基盤波加速度諸元 (ケース①)

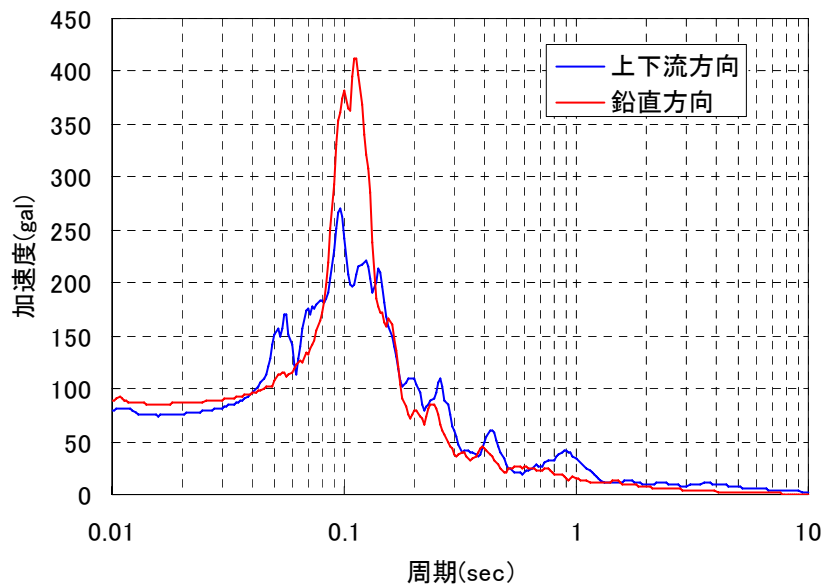




a) 加速度時刻歴 (上下流方向)

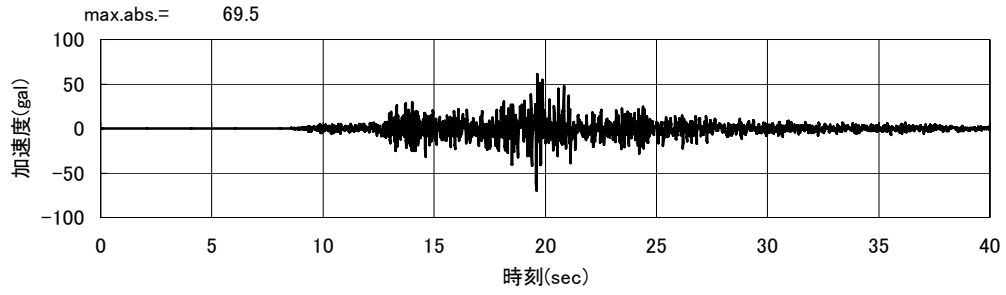


b) 加速度時刻歴 (鉛直方向)

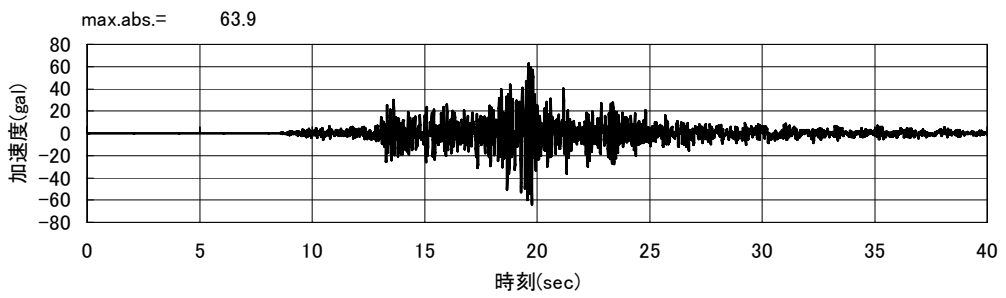


c) 加速度応答スペクトル (h=5%)

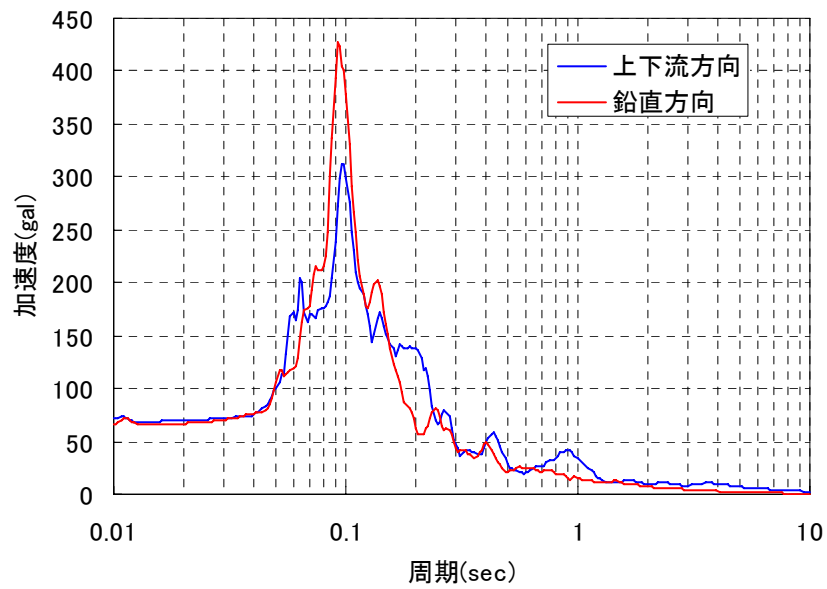
図 2-2 基盤波加速度諸元 (ケース②)



a) 加速度時刻歴 (上下流方向)



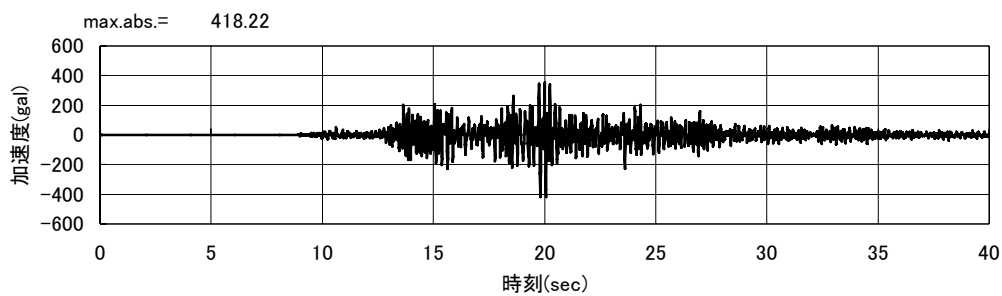
b) 加速度時刻歴 (鉛直方向)



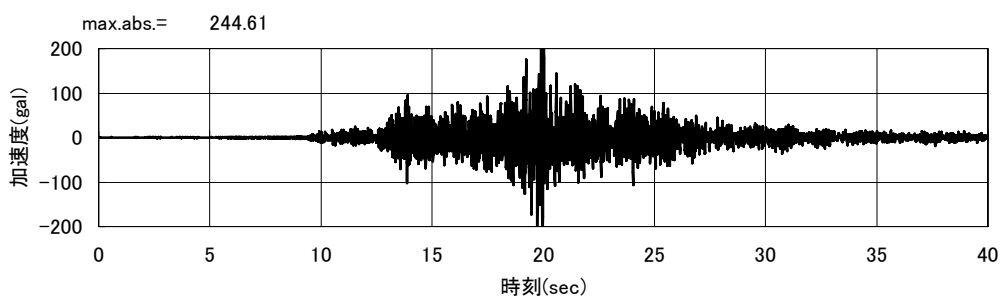
c) 加速度応答スペクトル (h=5%)

図 2-3 基盤波加速度諸元 (ケース③)

(3) 観測点応答比較

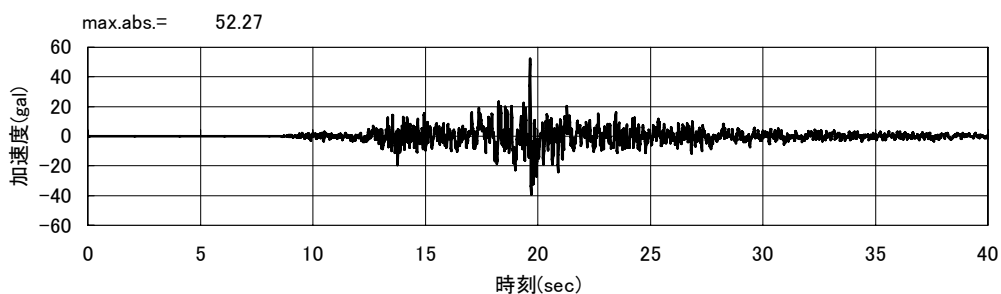


a) 上下流方向

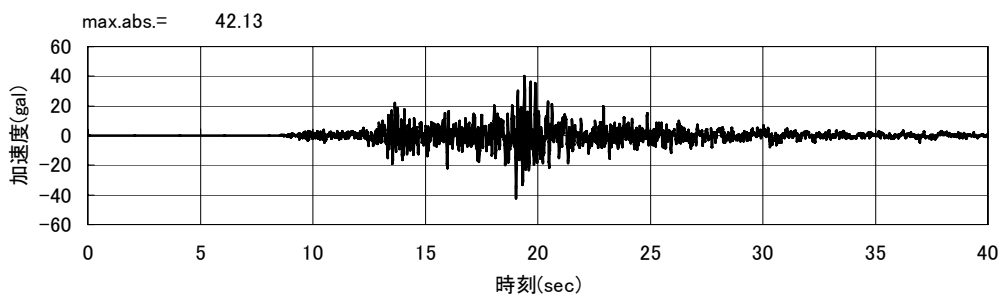


b) 鉛直方向

図 2-4 解析による加速度時刻歴 (天端、ケース①)

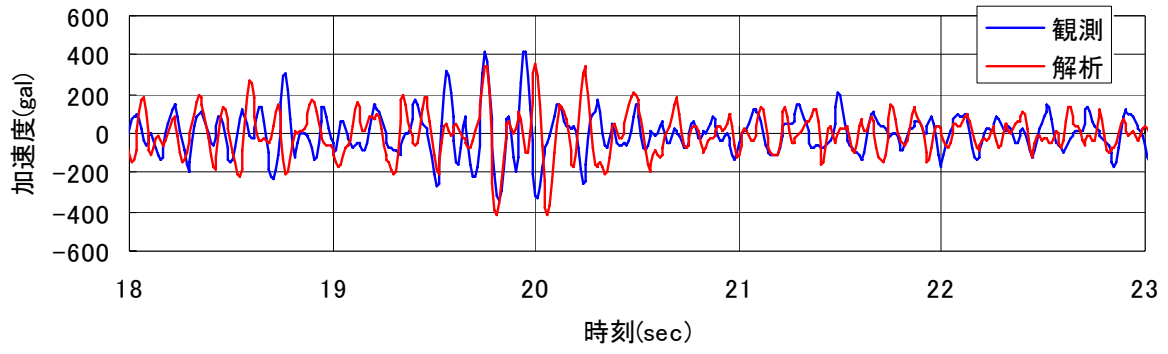


a) 上下流方向

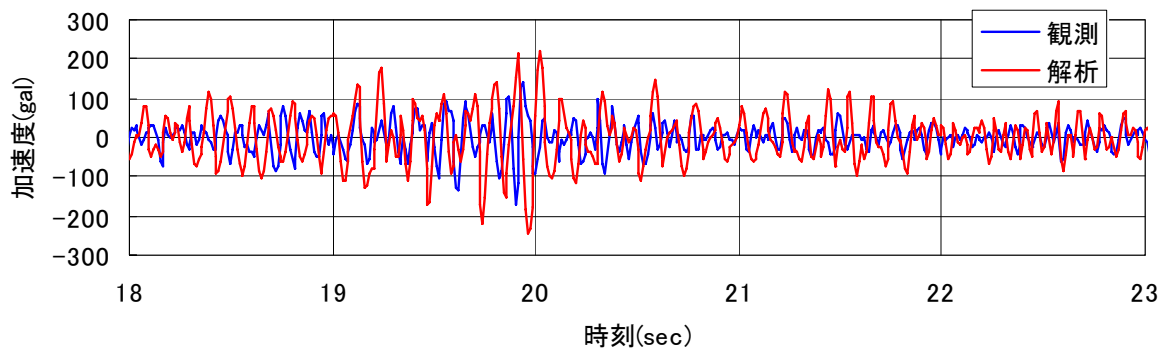


b) 鉛直方向

図 2-5 解析による加速度時刻歴 (監査廊、ケース①)

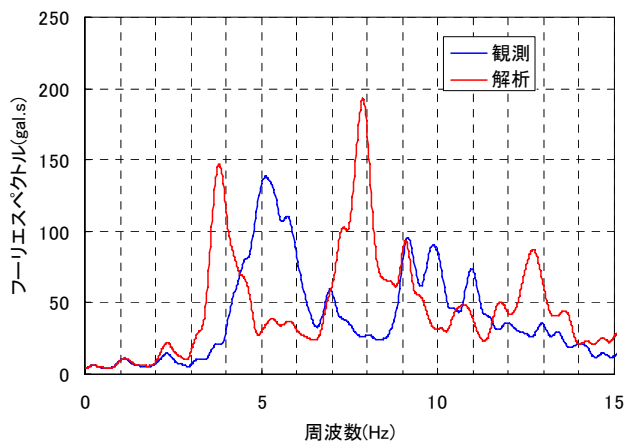


a) 上下流方向

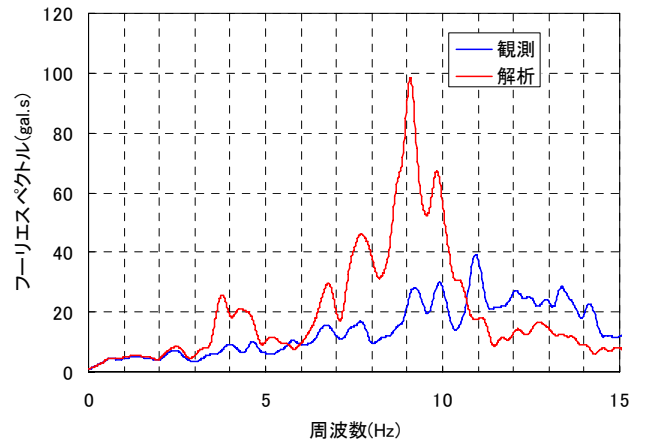


b) 鉛直方向

図 2-6 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース①)

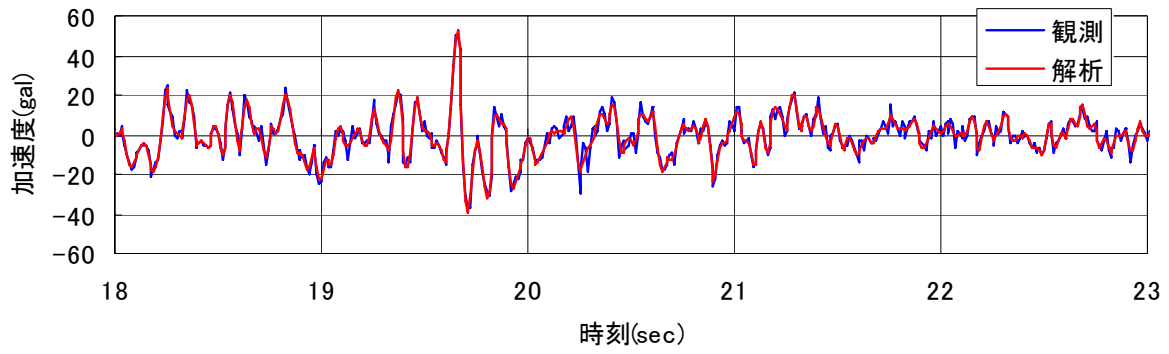


a) 上下流方向

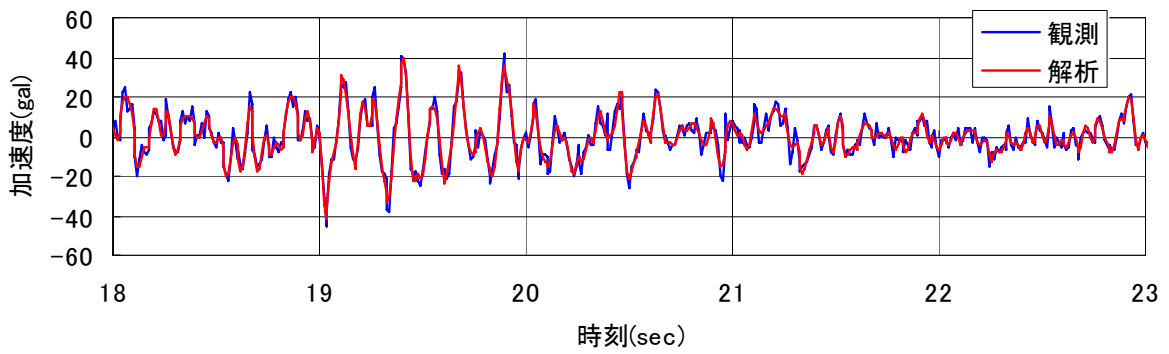


b) 鉛直方向

図 2-7 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース①)

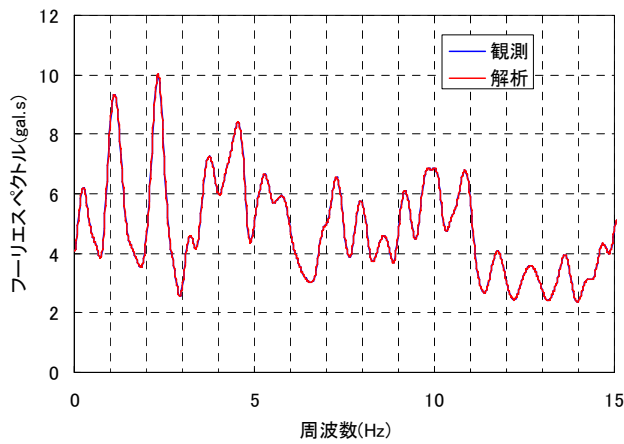


a) 上下流方向

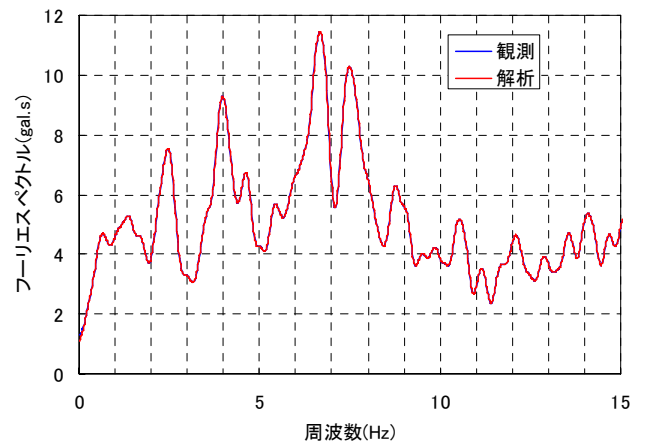


b) 鉛直方向

図 2-8 加速度時刻歴の比較 (監査廊、ケース①)

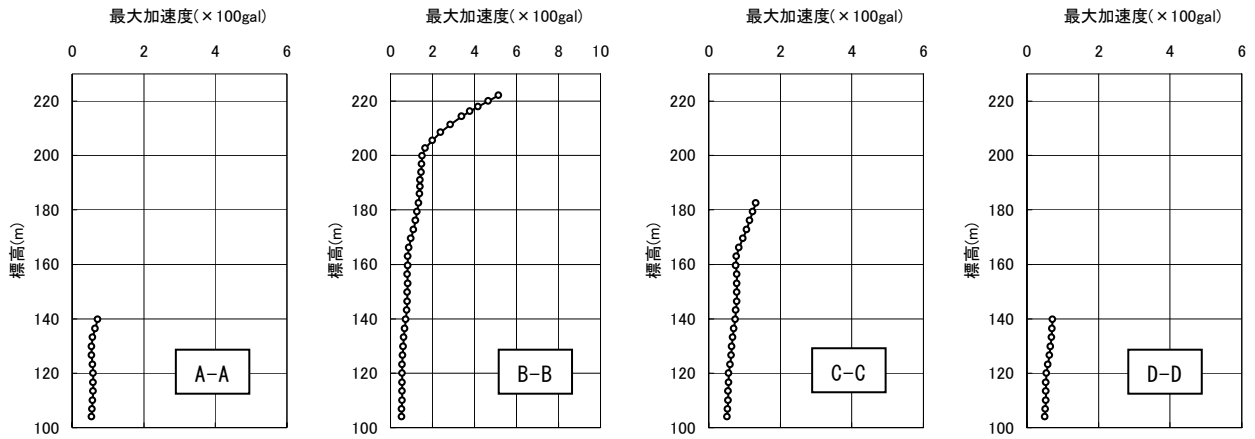
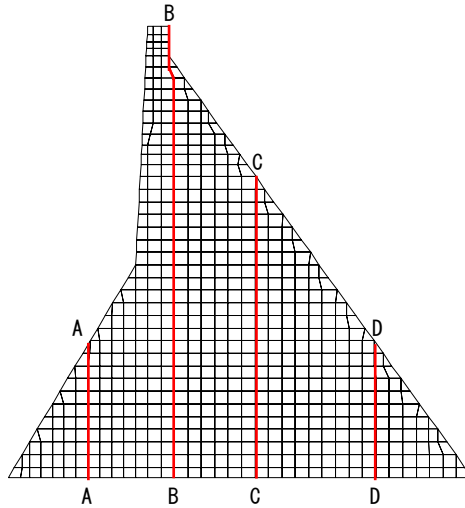


a) 上下流方向

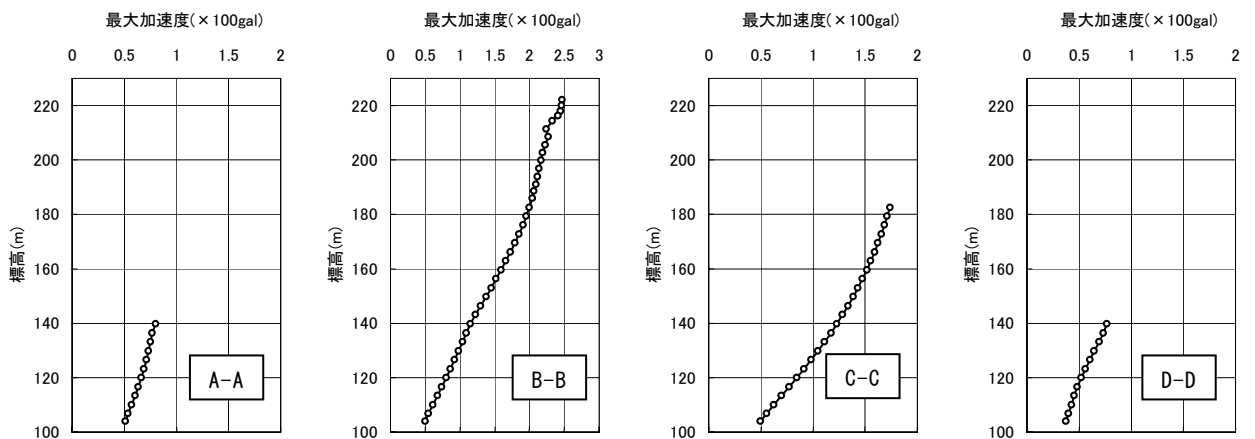


b) 鉛直方向

図 2-9 加速度フーリエスペクトルの比較 (監査廊、ケース①)

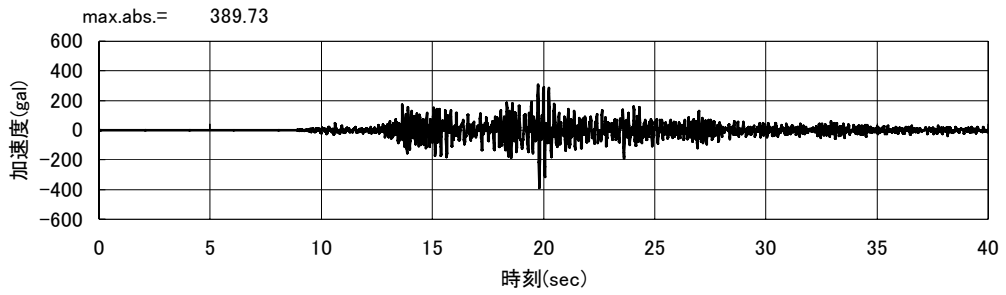


a) 上下流方向

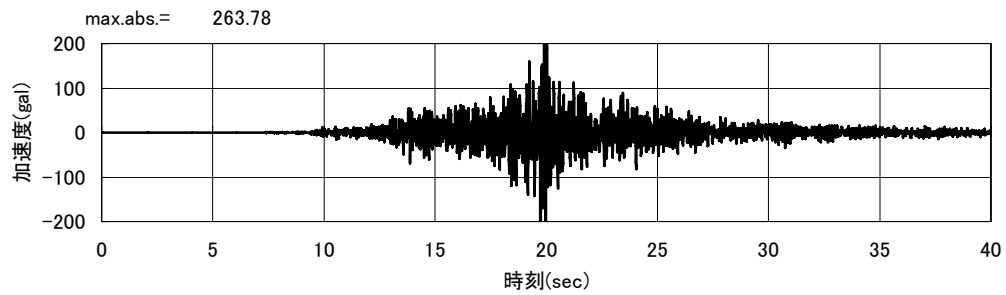


b) 鉛直方向

図 2-10 最大加速度深度分布 (ケース①)

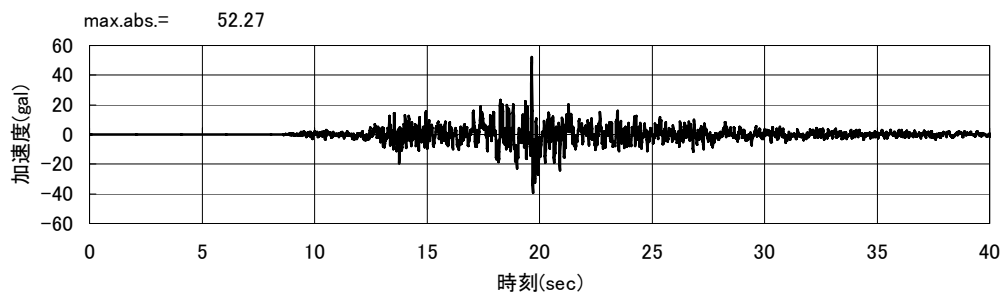


a) 上下流方向

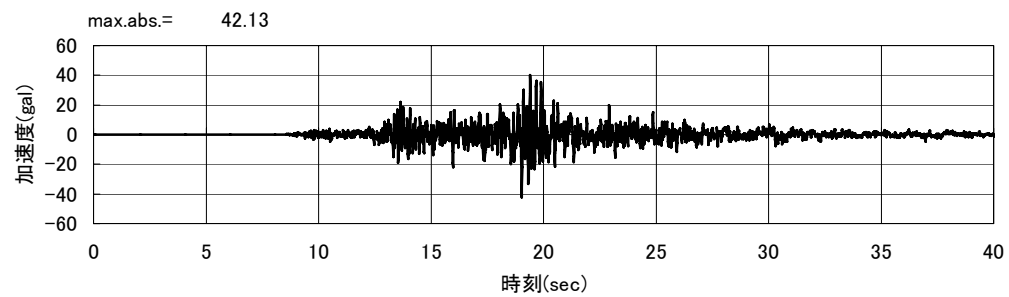


b) 鉛直方向

図 2-11 解析による加速度時刻歴（天端、ケース②）

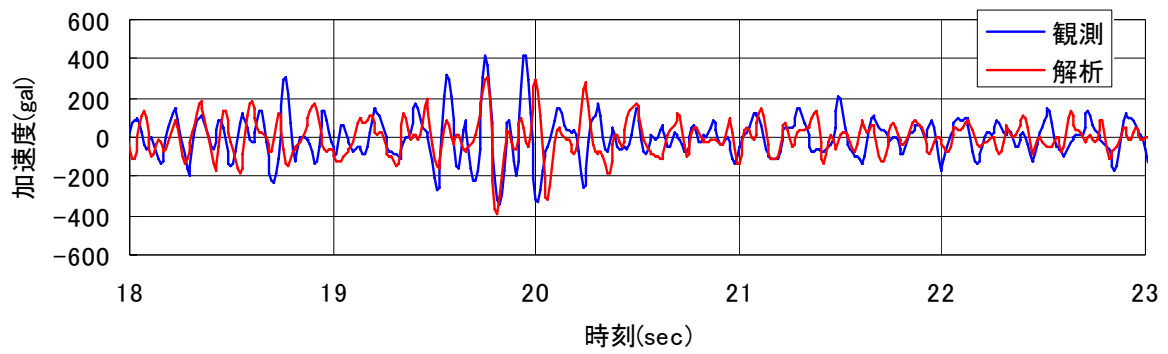


a) 上下流方向

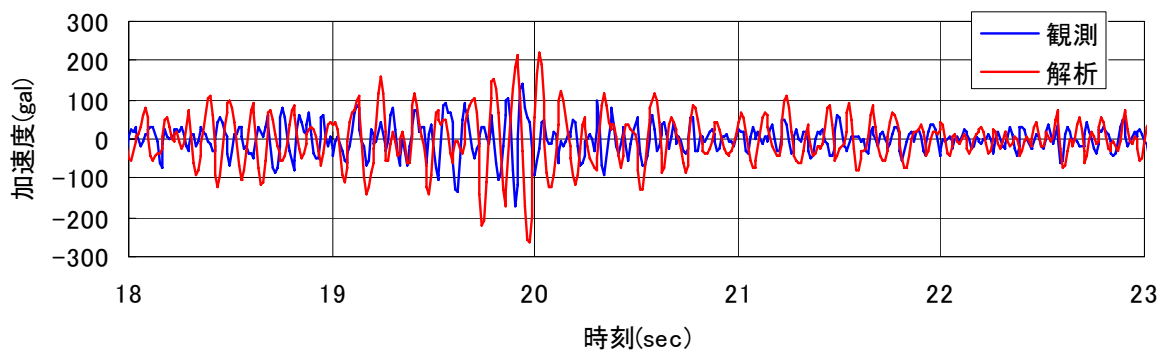


b) 鉛直方向

図 2-12 解析による加速度時刻歴（監査廊、ケース②）

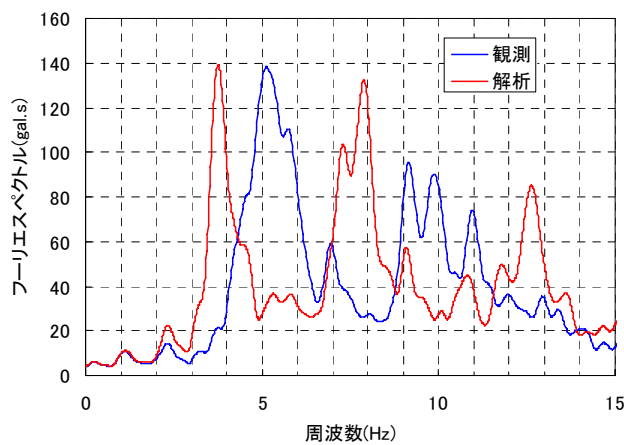


a) 上下流方向

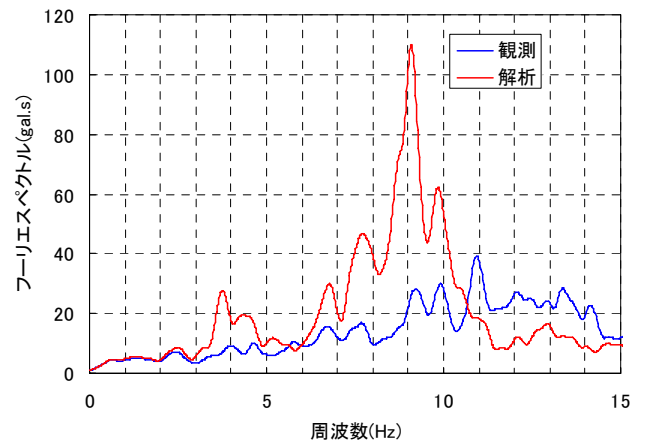


b) 鉛直方向

図 2-13 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース②)



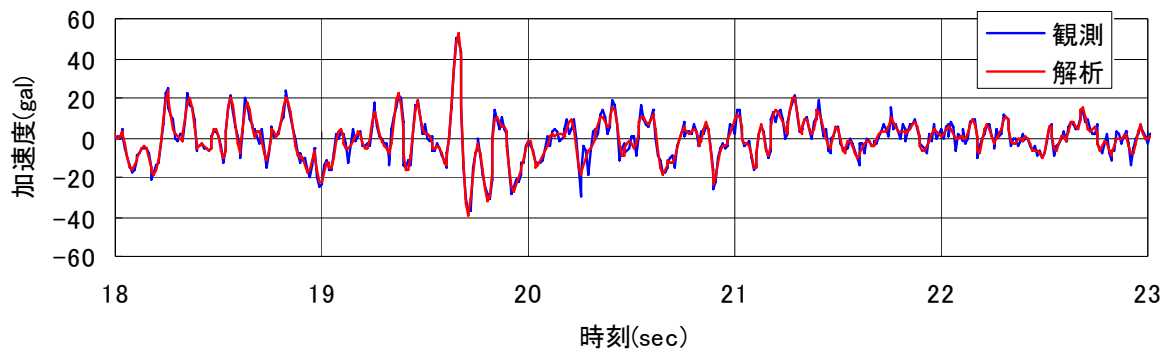
a) 上下流方向



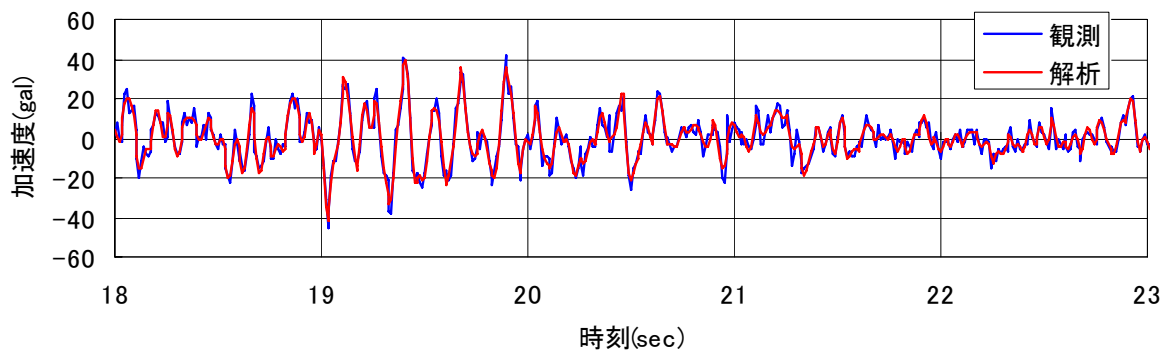
b) 鉛直方向

図 2-14 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース②)



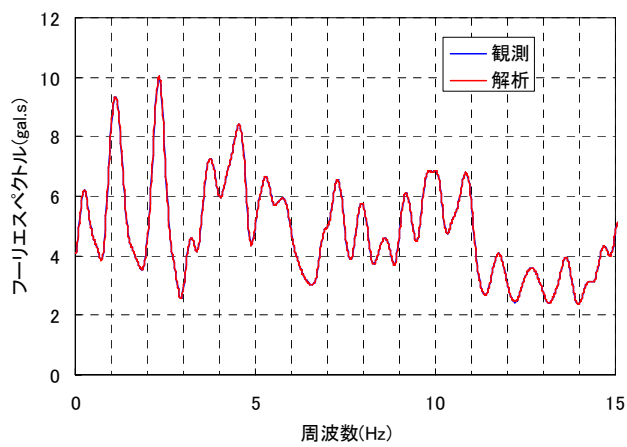


a) 上下流方向

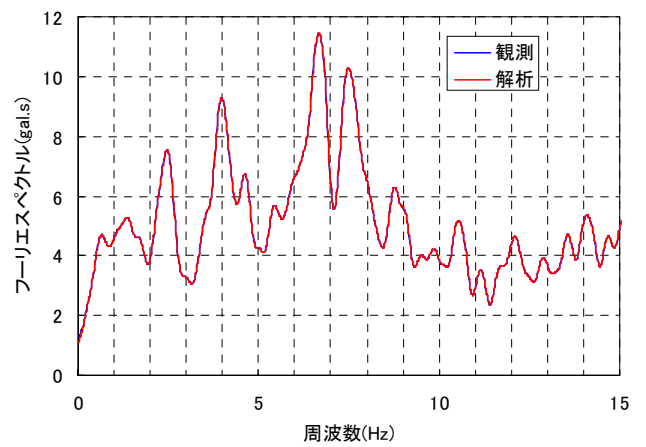


b) 鉛直方向

図 2-15 加速度時刻歴の比較（監査廊、ケース②）

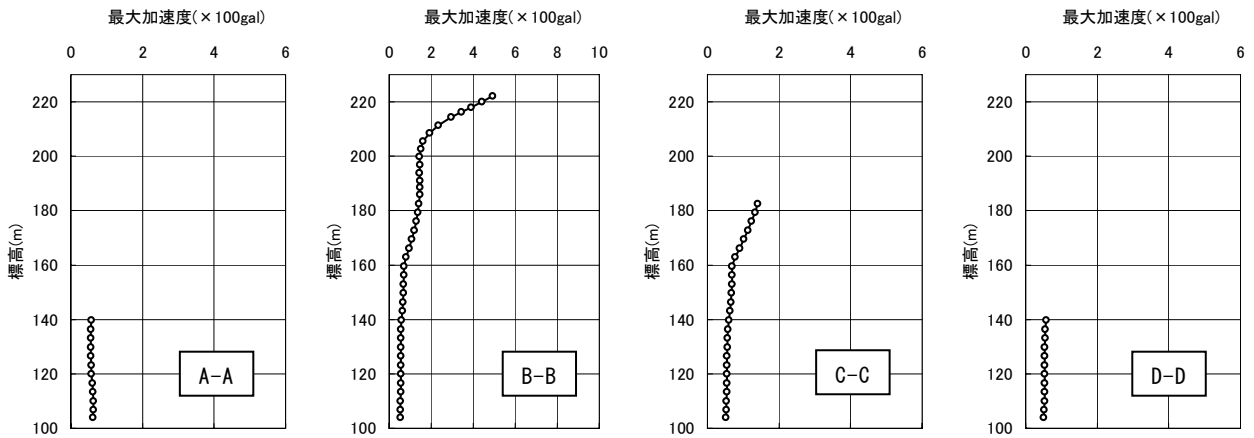
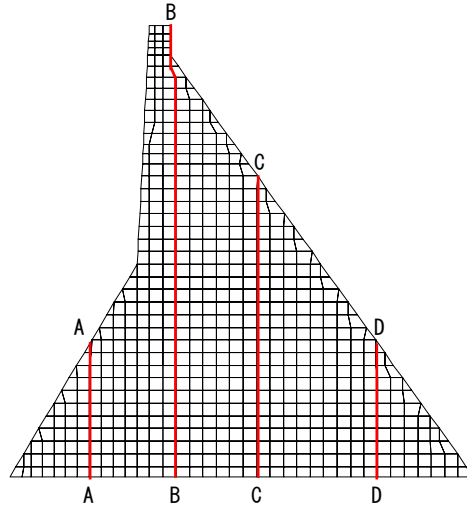


a) 上下流方向

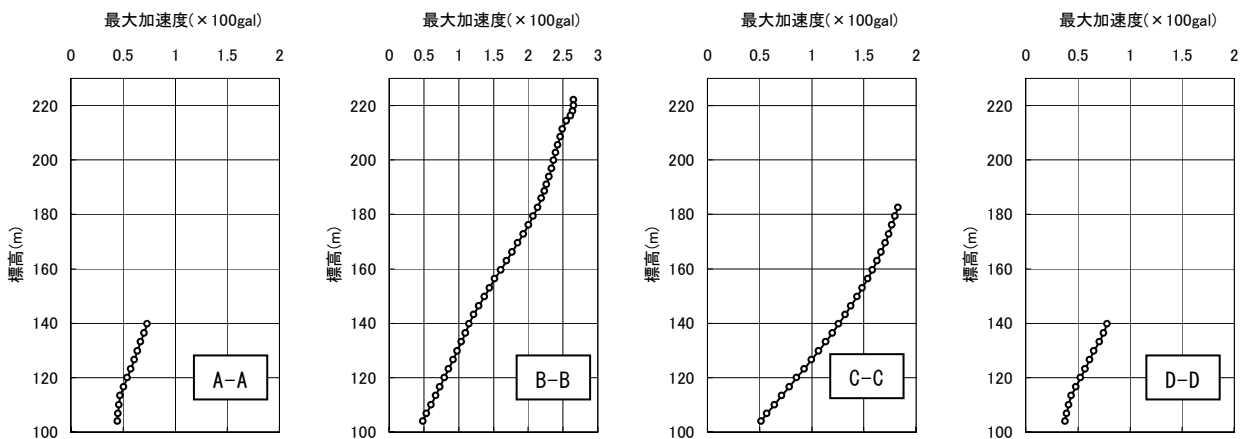


b) 鉛直方向

図 2-16 加速度フーリエスペクトルの比較（監査廊、ケース②）

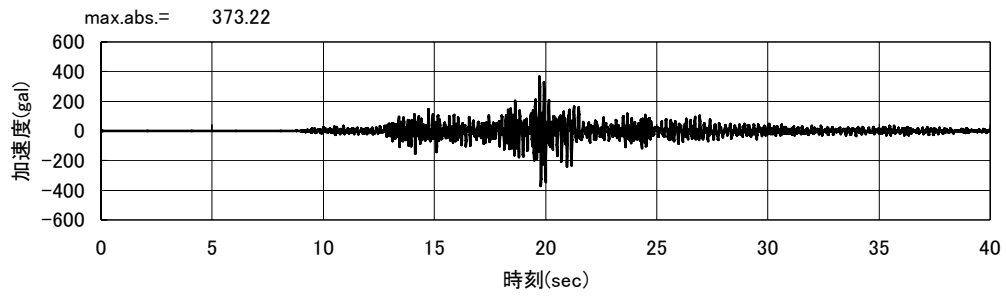


a) 上下流方向

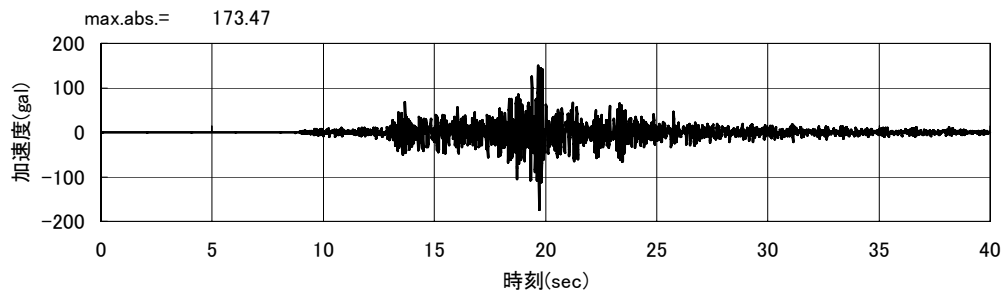


b) 鉛直方向

図 2-17 最大加速度深度分布 (ケース②)

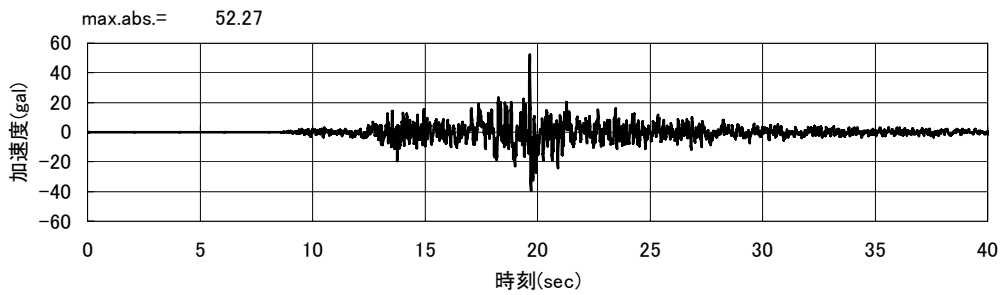


a) 上下流方向

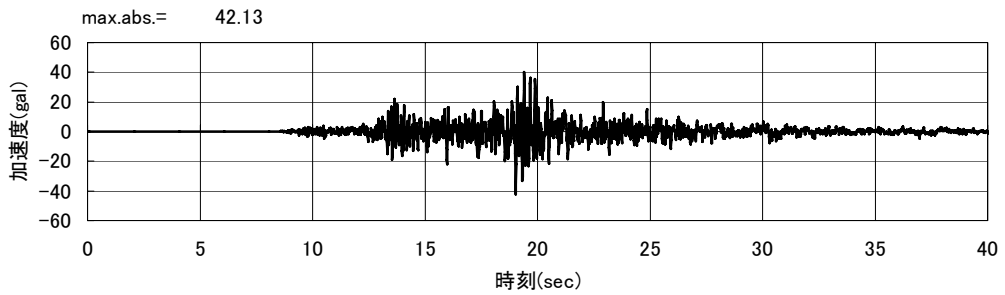


b) 鉛直方向

図 2-18 解析による加速度時刻歴 (天端、ケース③)

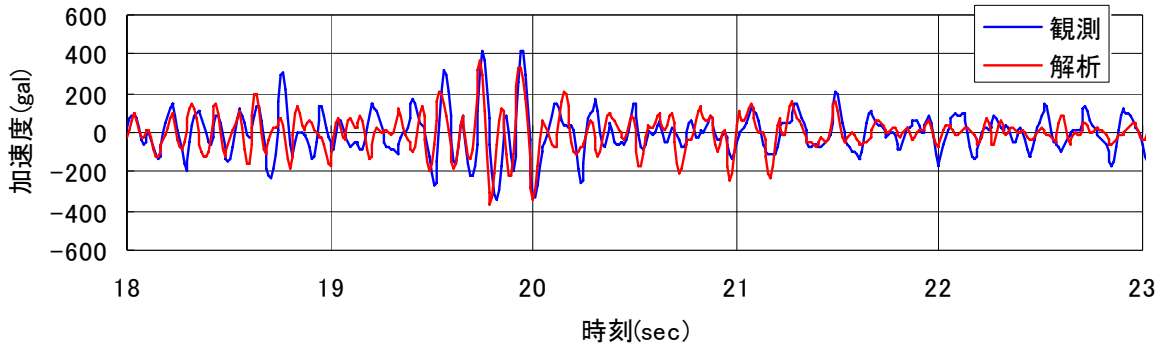


a) 上下流方向

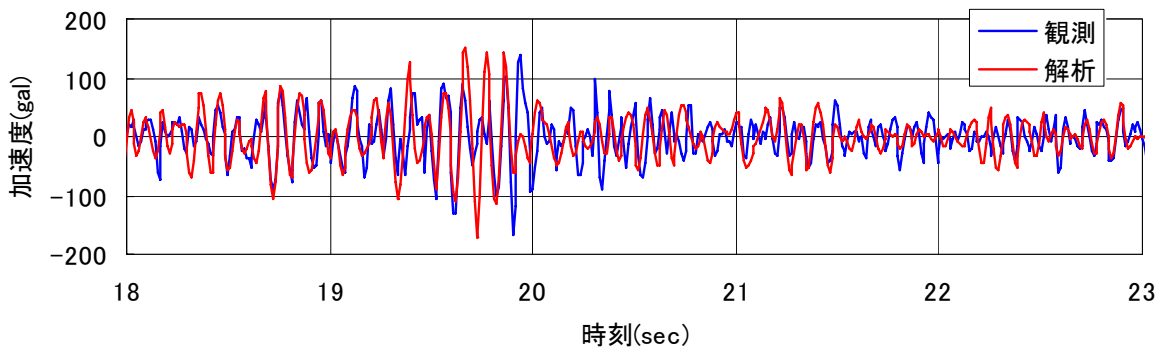


b) 鉛直方向

図 2-19 解析による加速度時刻歴 (監査廊、ケース③)

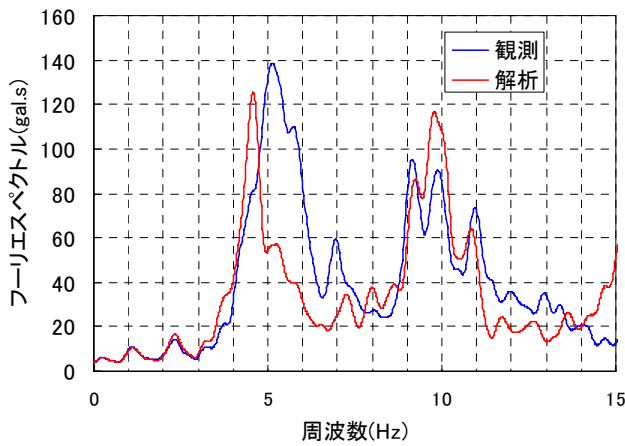


a) 上下流方向

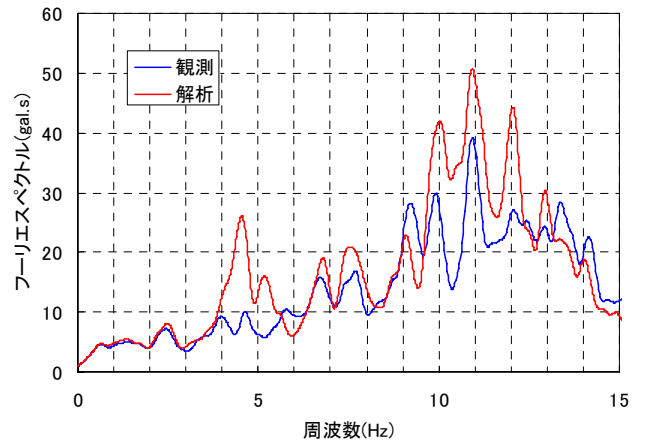


b) 鉛直方向

図 2-20 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース③)

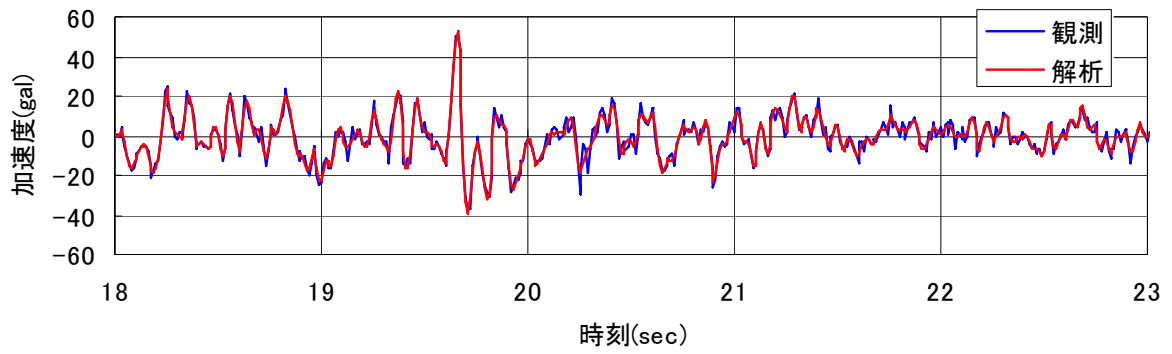


a) 上下流方向

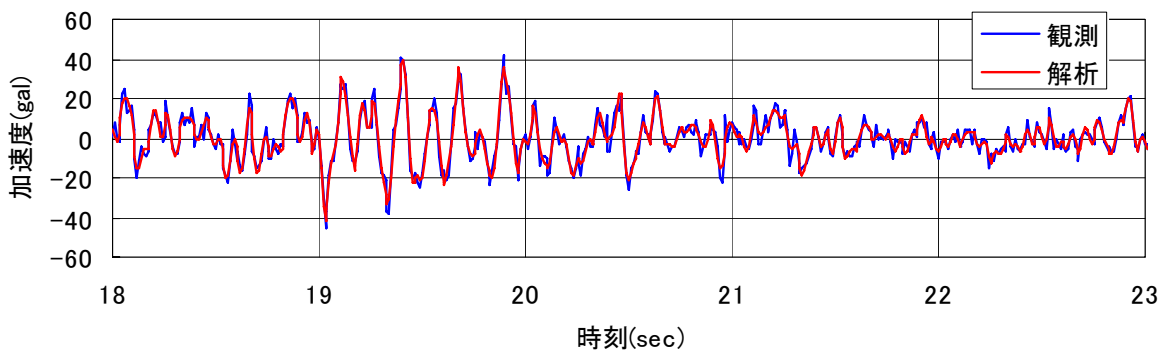


b) 鉛直方向

図 2-21 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース③)

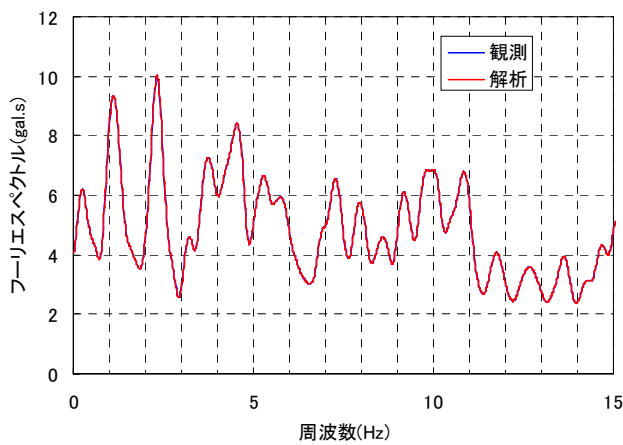


a) 上下流方向

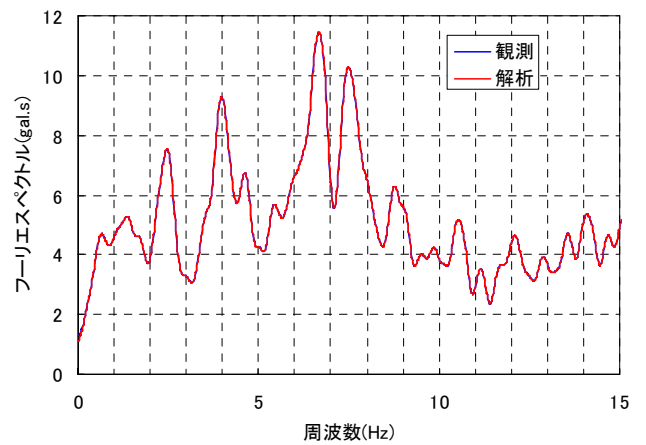


b) 鉛直方向

図 2-22 加速度時刻歴の比較 (監査廊、ケース③)

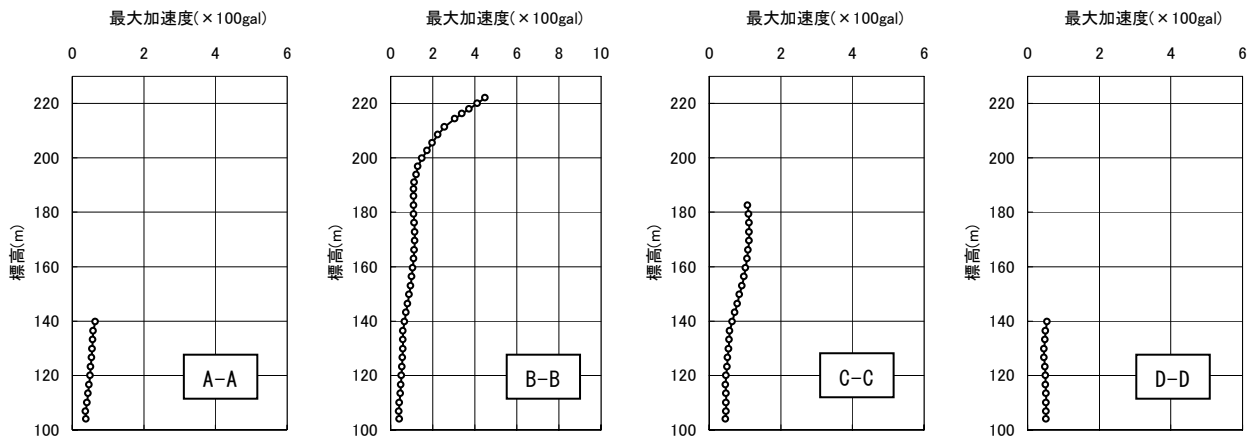
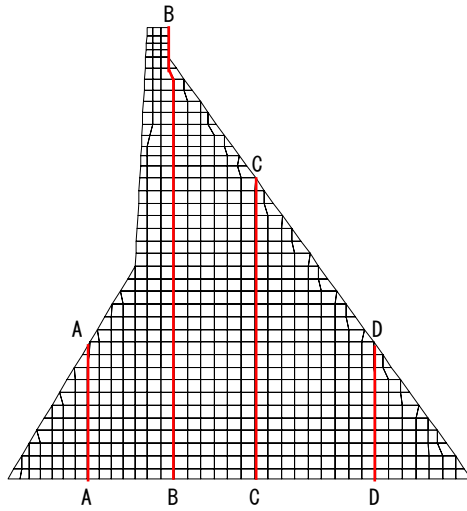


a) 上下流方向

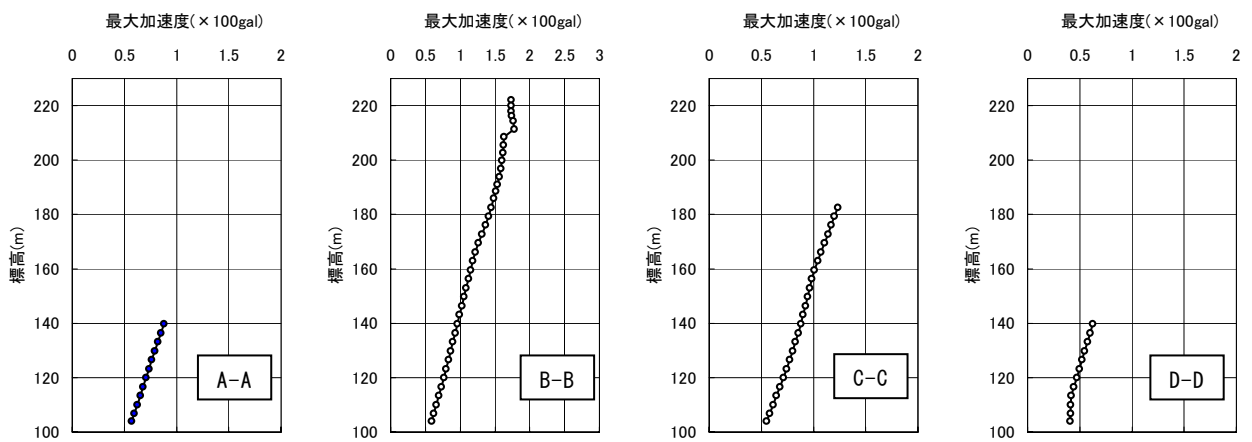


b) 鉛直方向

図 2-23 加速度フーリエスペクトルの比較 (監査廊、ケース③)

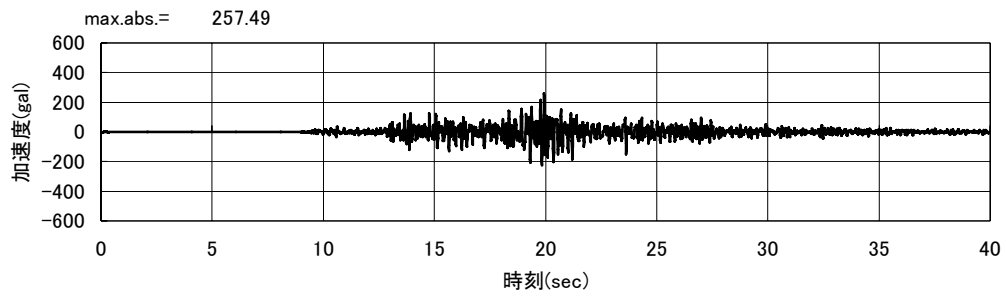


a) 上下流方向

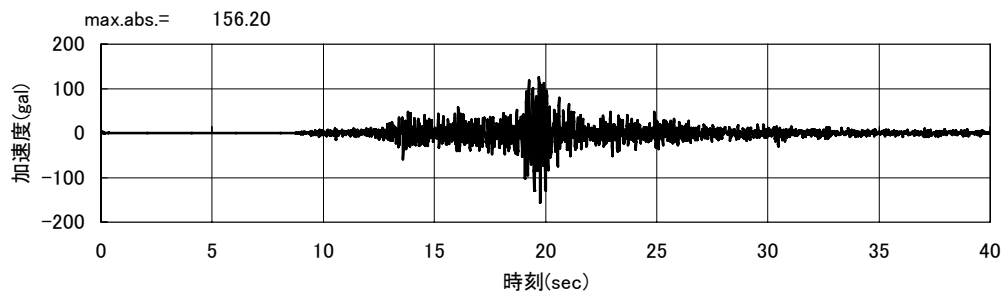


b) 鉛直方向

図 2-24 最大加速度深度分布 (ケース③)

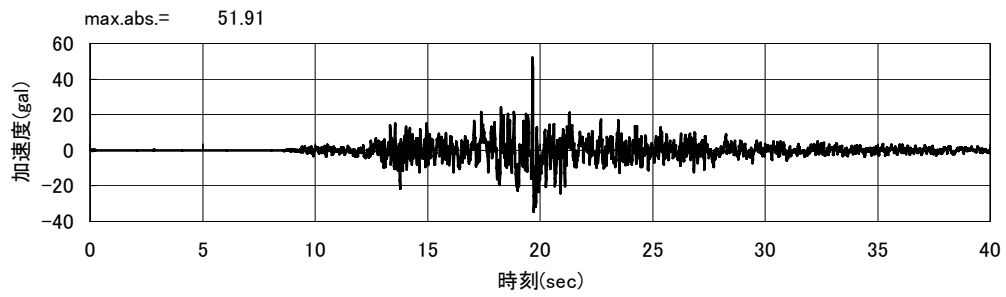


a) 上下流方向

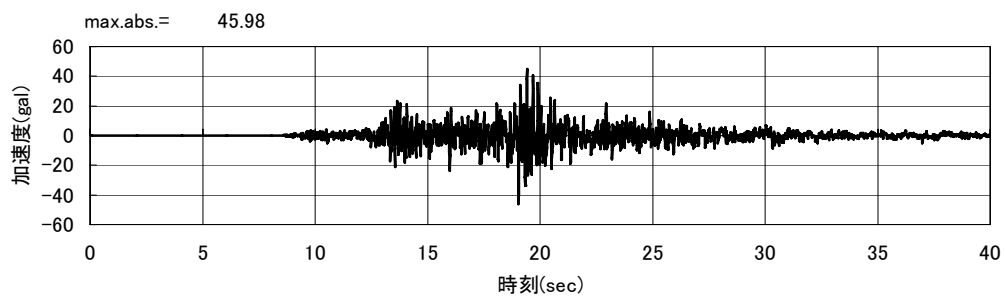


b) 鉛直方向

図 2-25 解析による加速度時刻歴 (天端、ケース④)

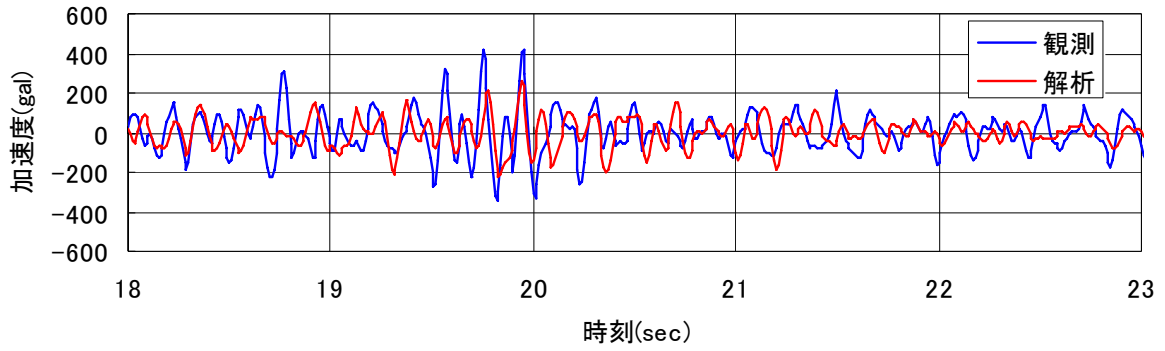


a) 上下流方向

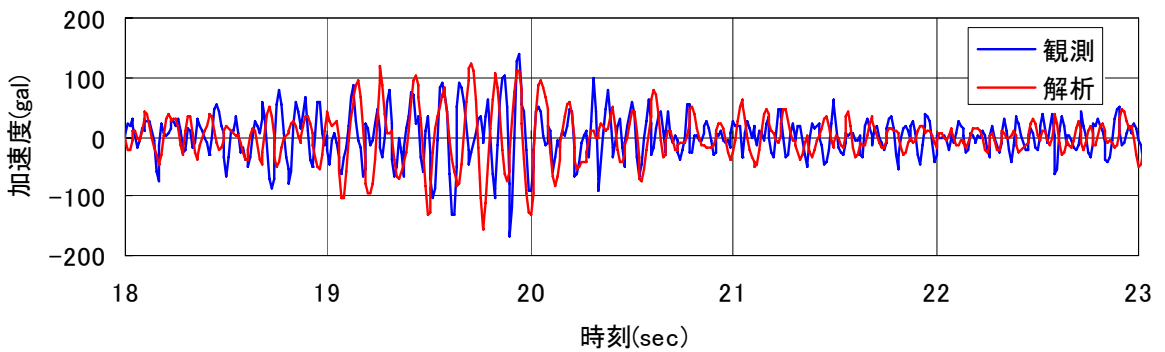


b) 鉛直方向

図 2-26 解析による加速度時刻歴 (監査廊、ケース④)

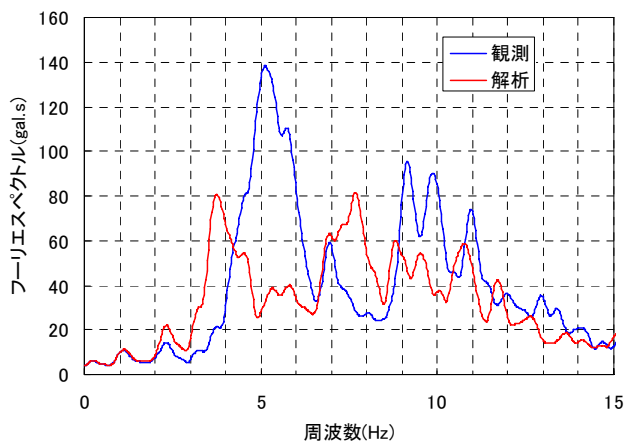


a) 上下流方向

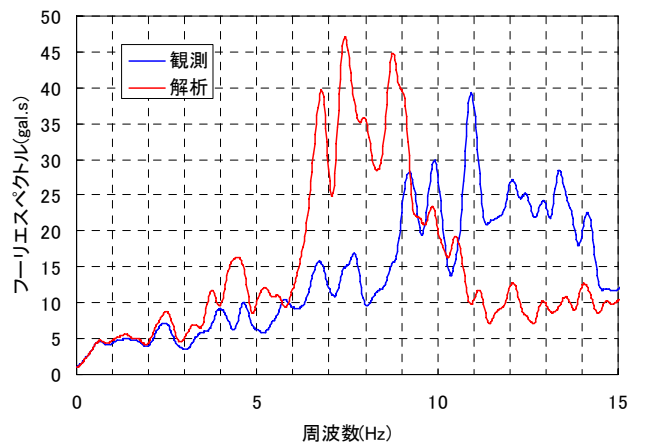


b) 鉛直方向

図 2-27 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース④)



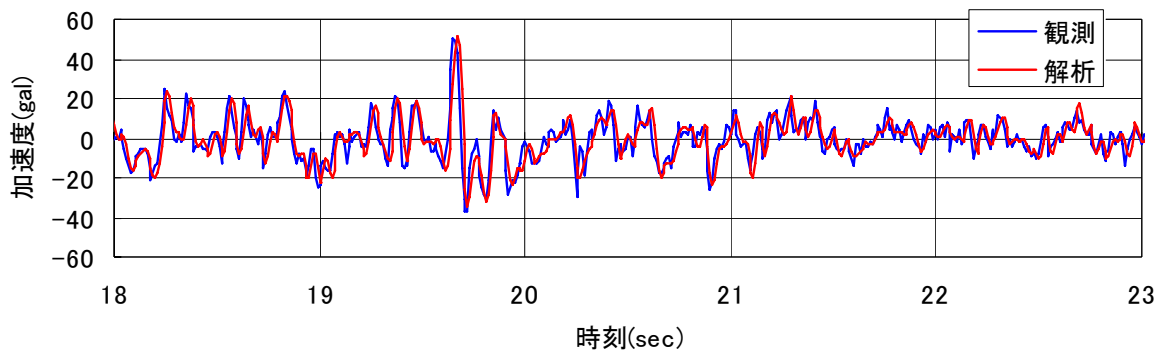
a) 上下流方向



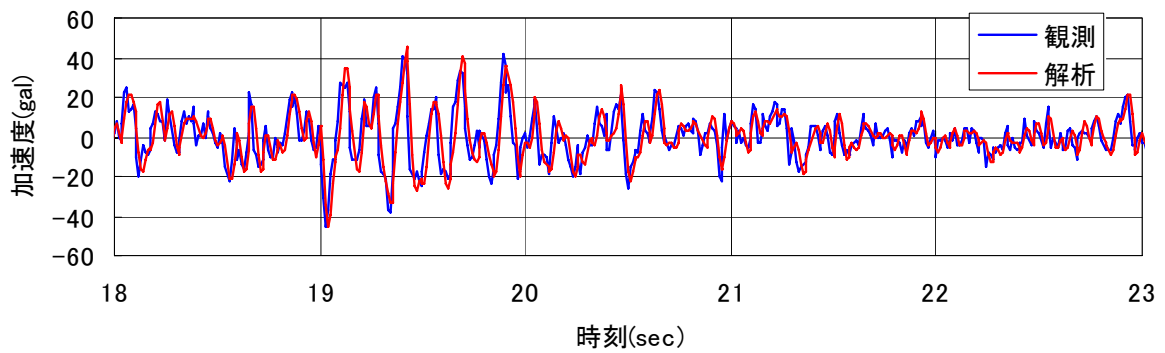
b) 鉛直方向

図 2-28 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース④)



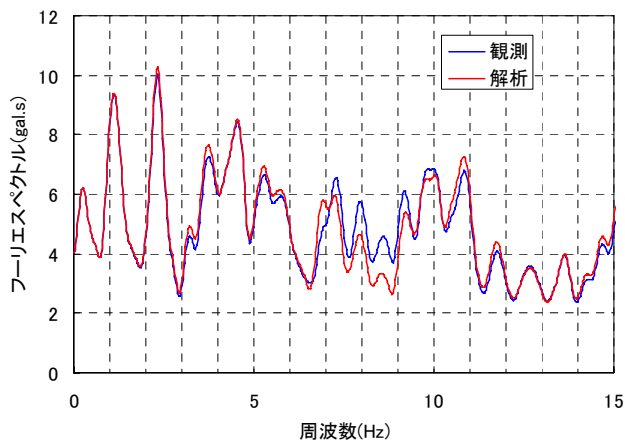


a) 上下流方向

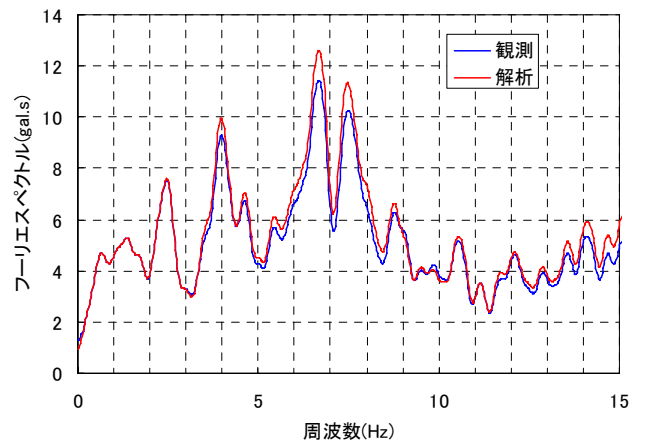


b) 鉛直方向

図 2-29 加速度時刻歴の比較 (監査廊、ケース④)

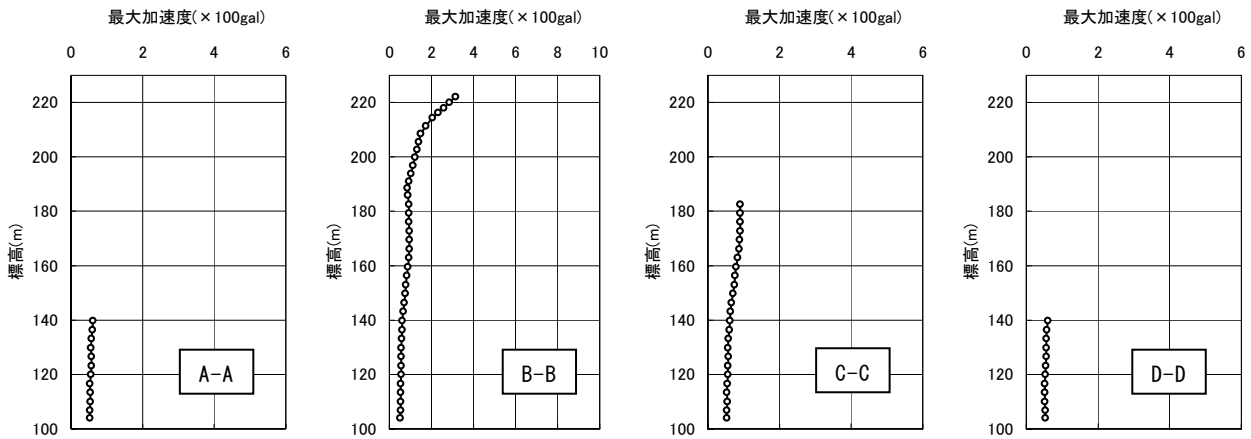
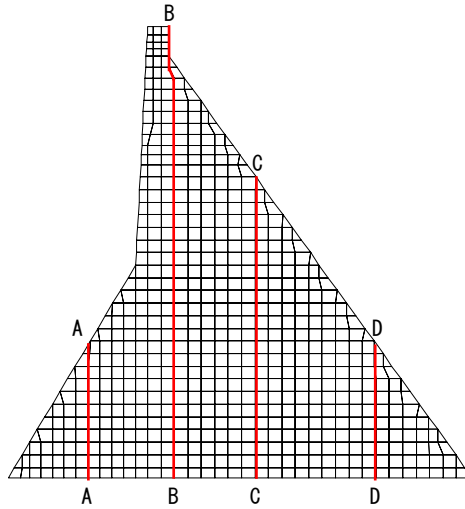


a) 上下流方向

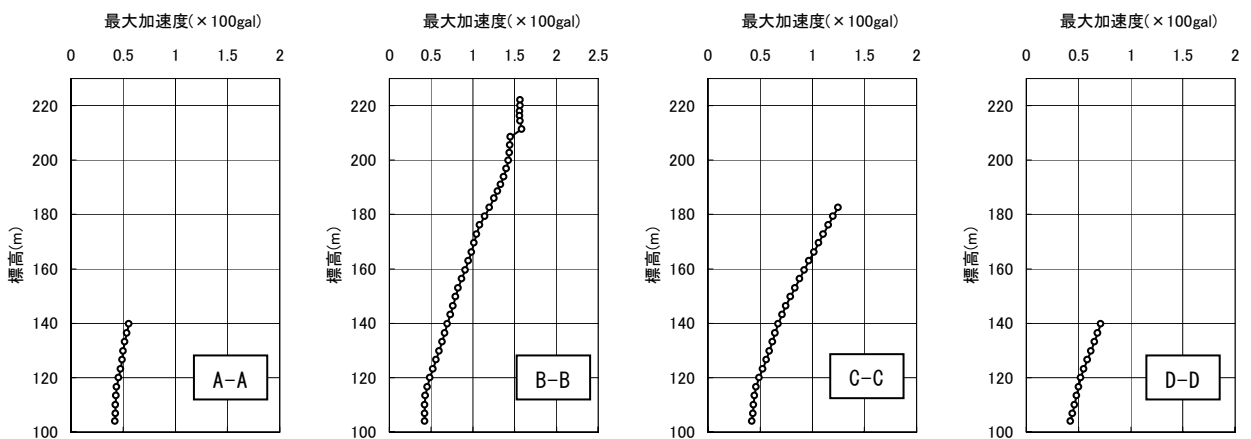


b) 鉛直方向

図 2-30 加速度フーリエスペクトルの比較 (監査廊、ケース④)

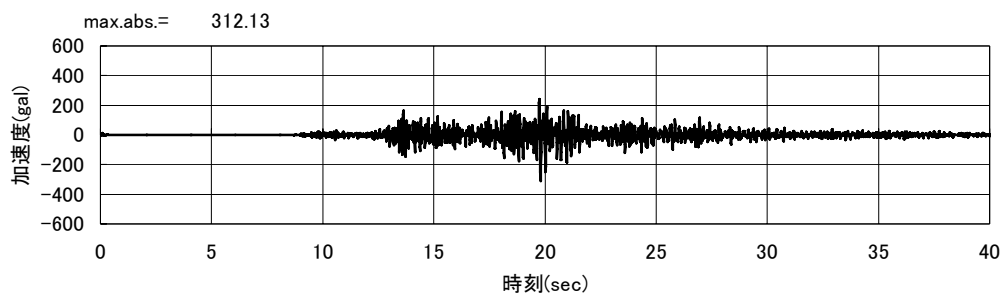


a) 上下流方向

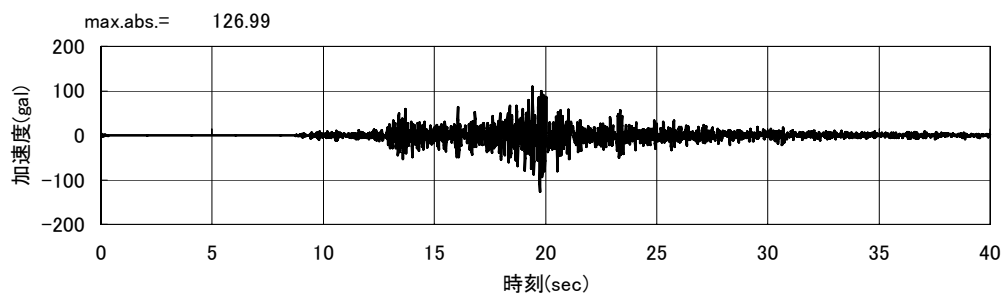


b) 鉛直方向

図 2-31 最大加速度深度分布 (ケース④)

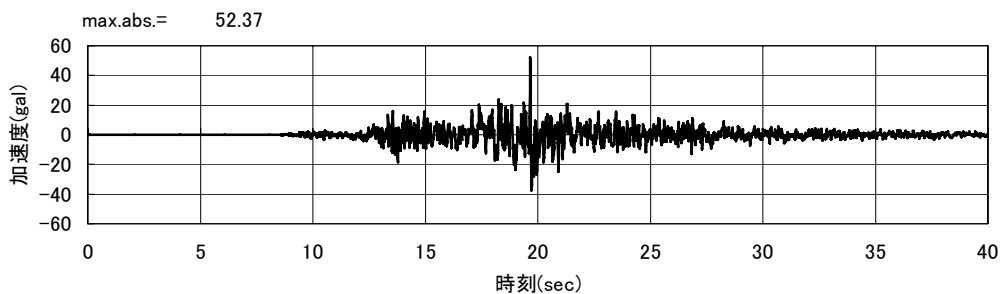


a) 上下流方向

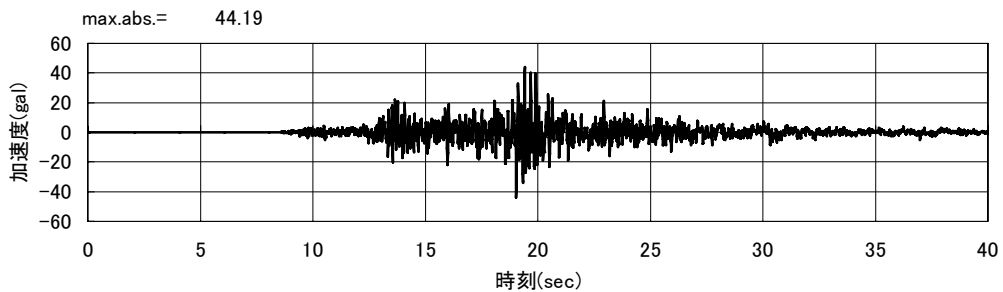


b) 鉛直方向

図 2-32 解析による加速度時刻歴（天端、ケース⑤）

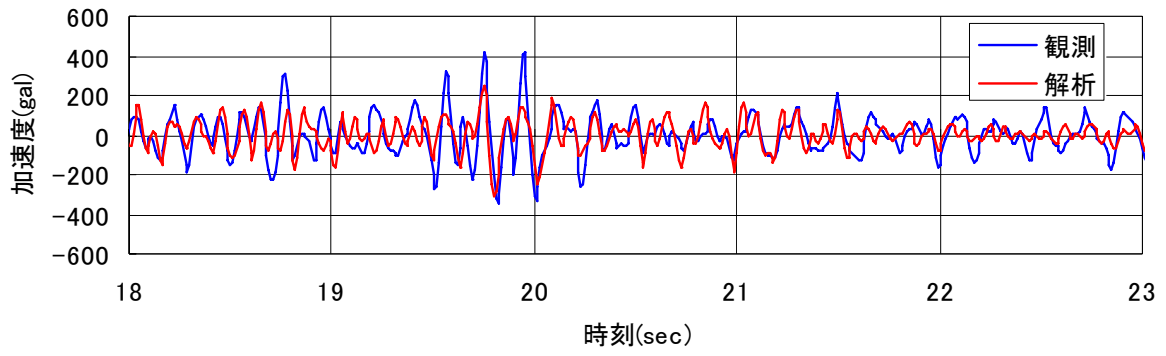


a) 上下流方向

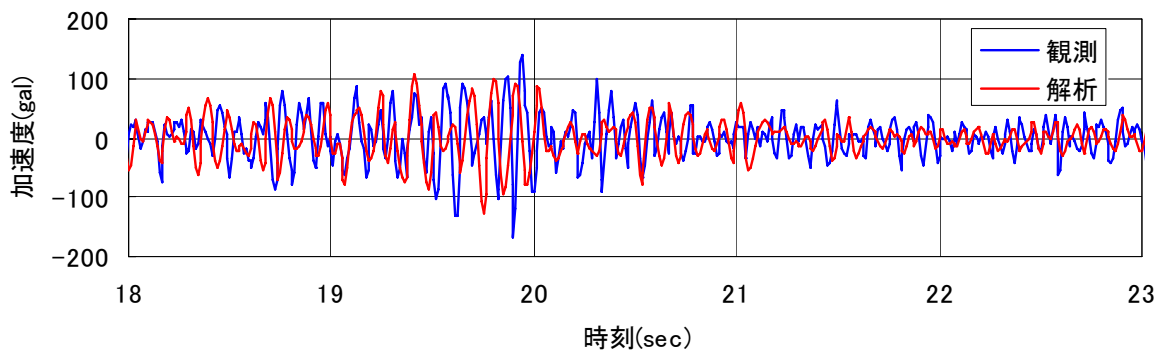


b) 鉛直方向

図 2-33 解析による加速度時刻歴（監査廊、ケース⑤）

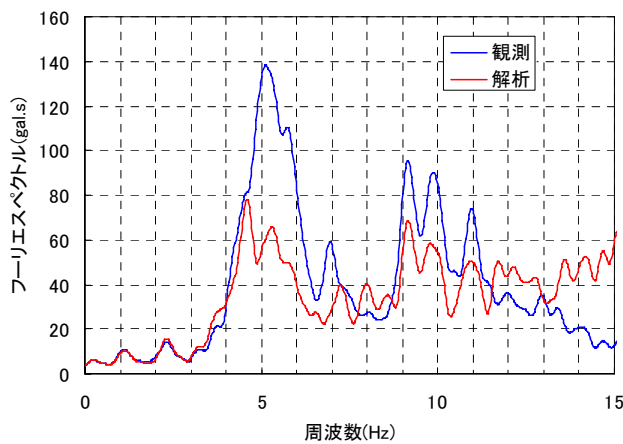


a) 上下流方向

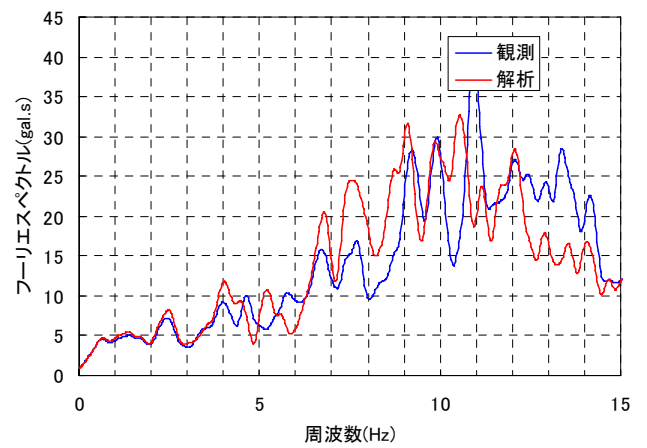


b) 鉛直方向

図 2-34 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース⑤)

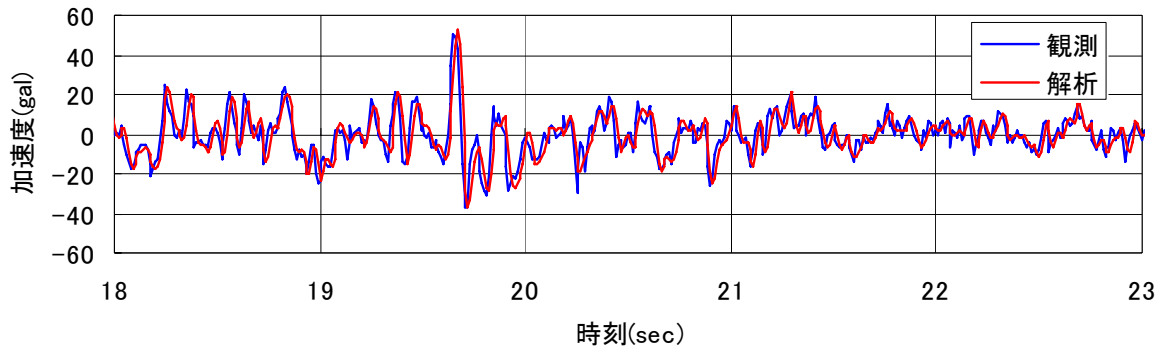


a) 上下流方向

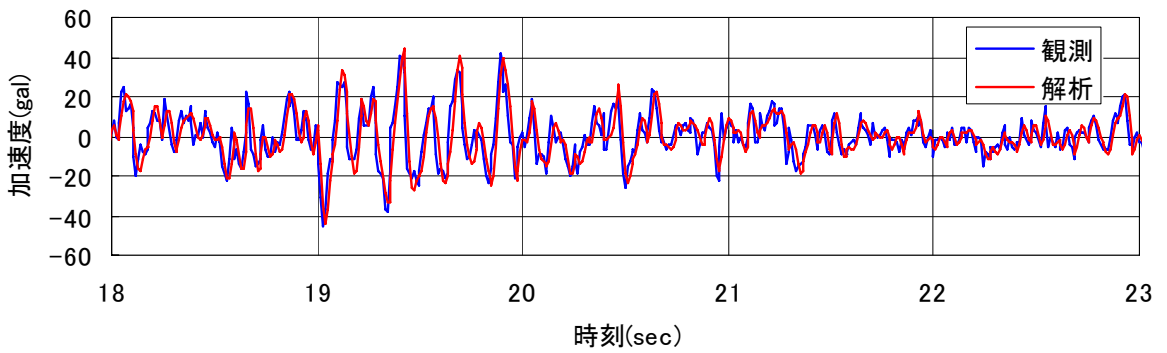


b) 鉛直方向

図 2-35 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース⑤)

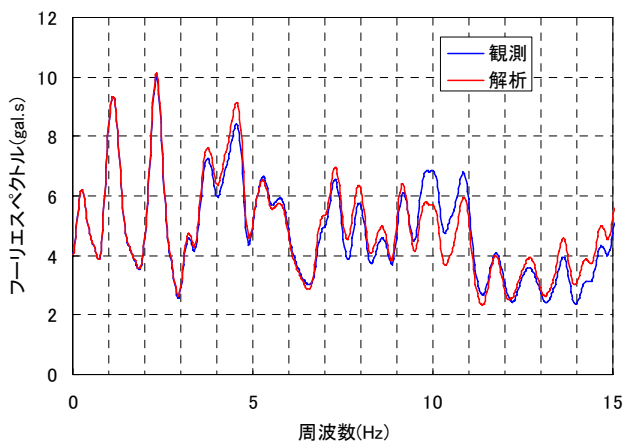


a) 上下流方向

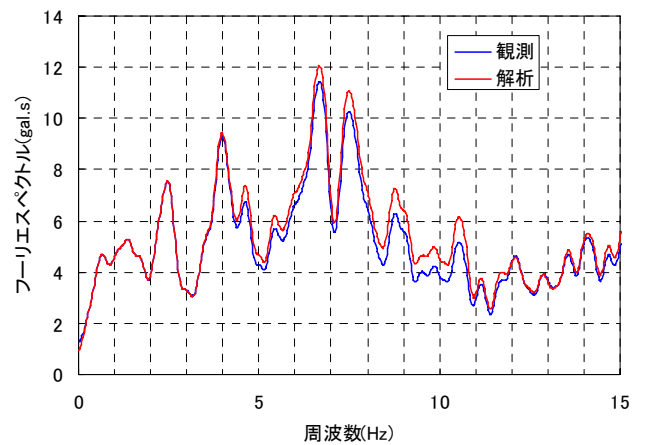


b) 鉛直方向

図 2-36 加速度時刻歴の比較 (監査廊、ケース⑤)

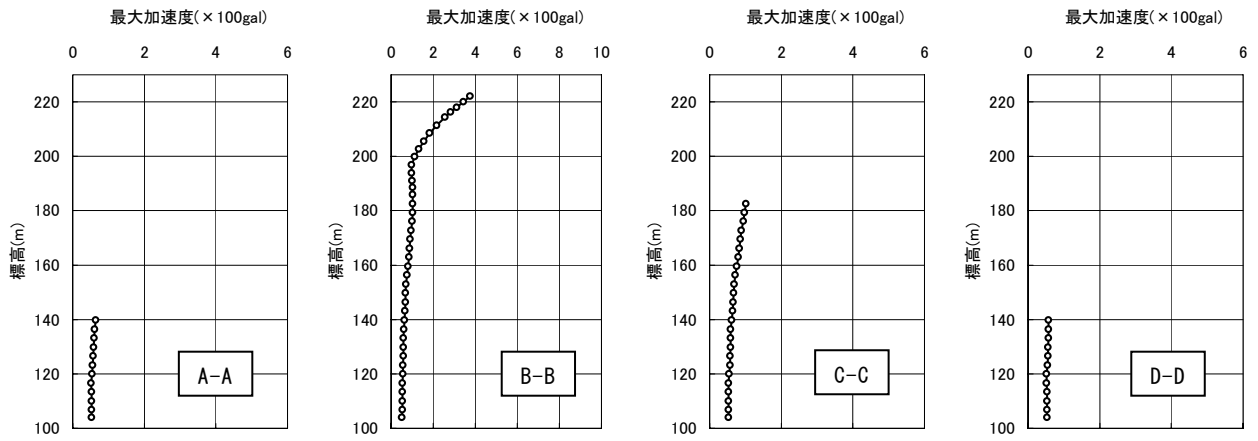
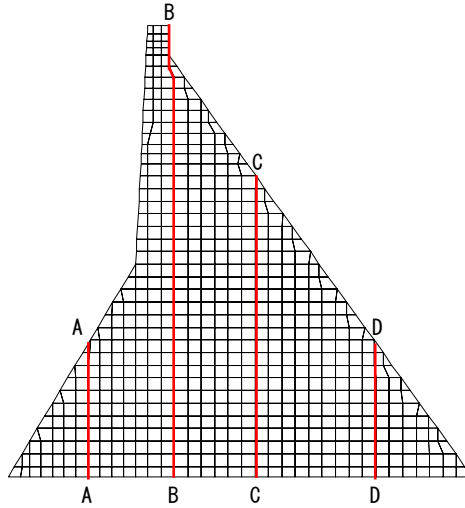


a) 上下流方向

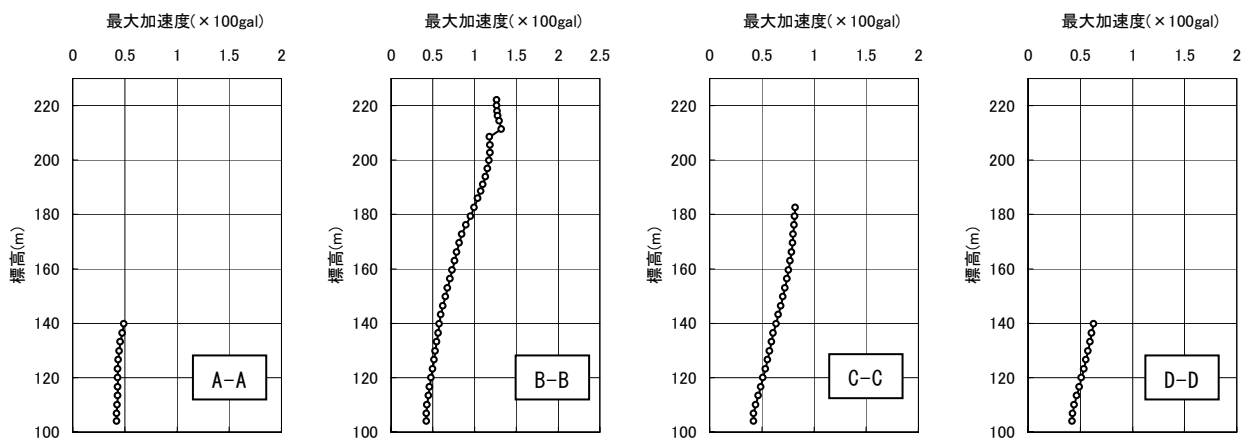


b) 鉛直方向

図 2-37 加速度フーリエスペクトルの比較 (監査廊、ケース⑤)

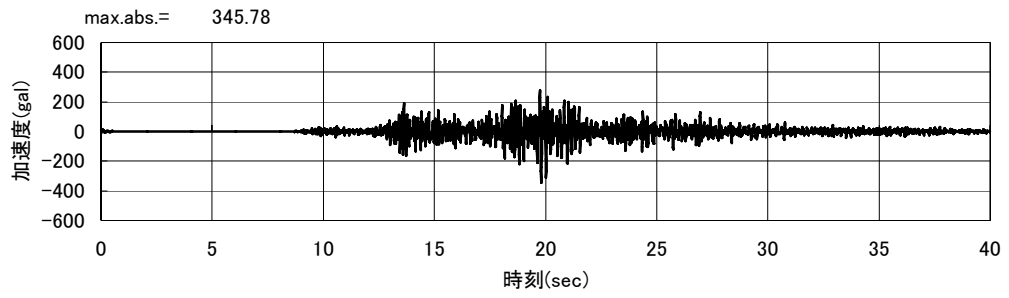


a) 上下流方向

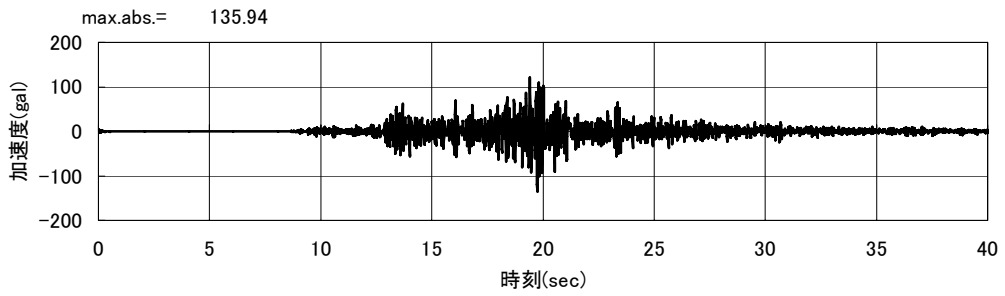


b) 鉛直方向

図 2-38 最大加速度深度分布 (ケース⑤)

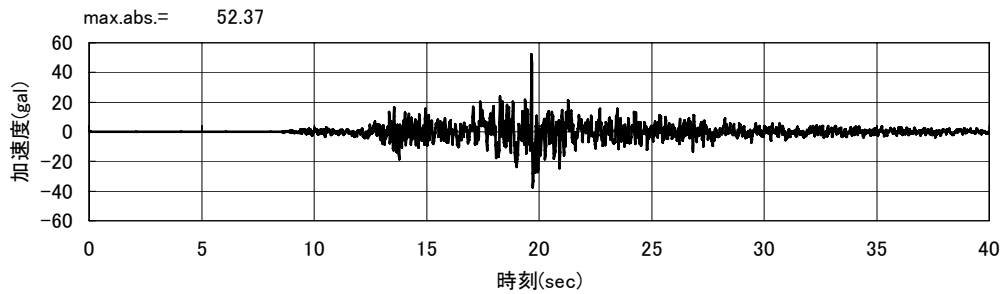


a) 上下流方向

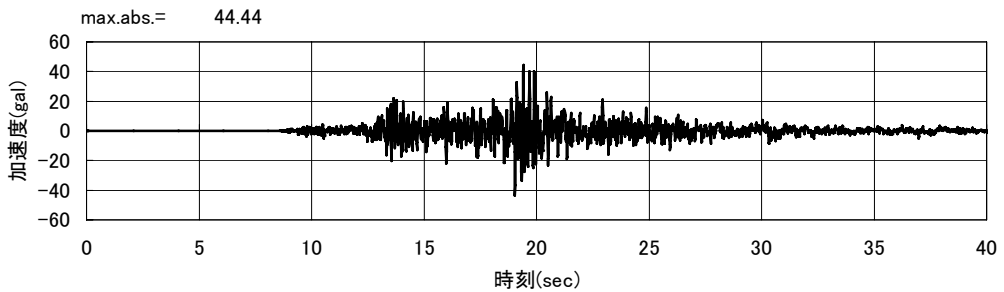


b) 鉛直方向

図 2-39 解析による加速度時刻歴（天端、ケース⑥）

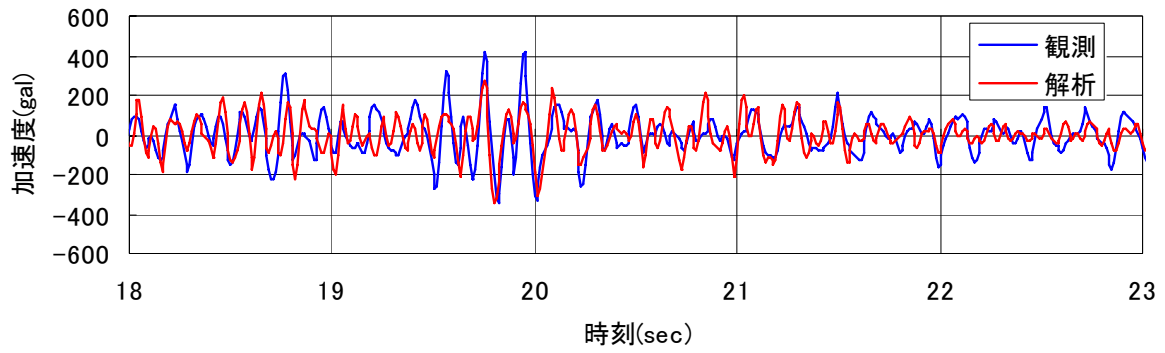


a) 上下流方向

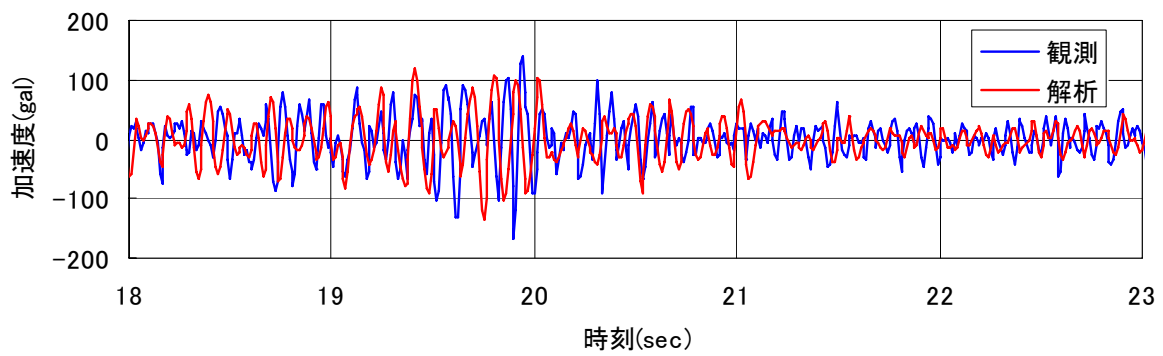


b) 鉛直方向

図 2-40 解析による加速度時刻歴（監査廊、ケース⑥）

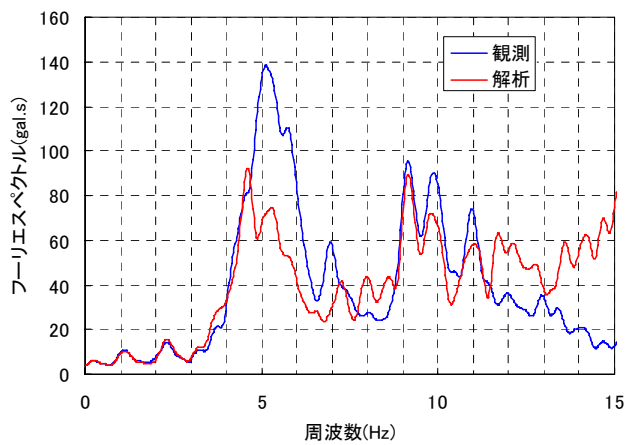


a) 上下流方向

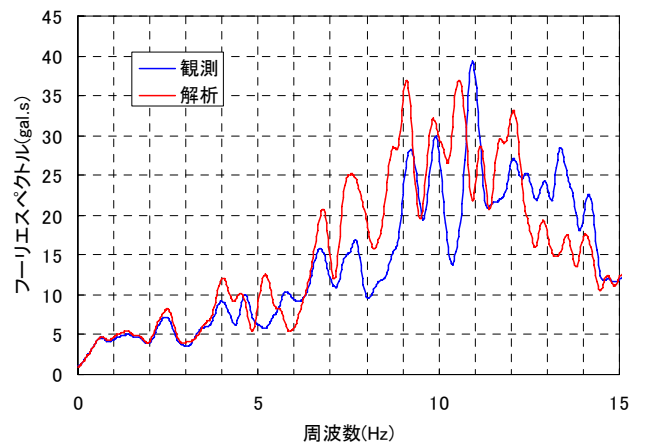


b) 鉛直方向

図 2-41 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース⑥)



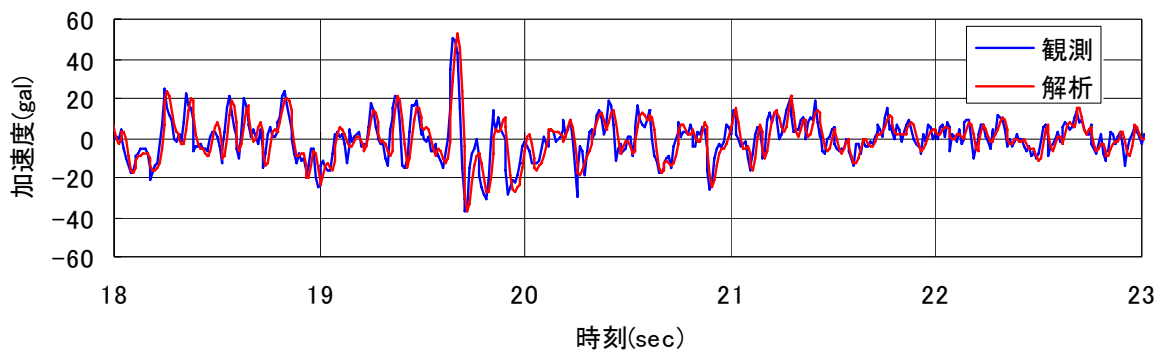
a) 上下流方向



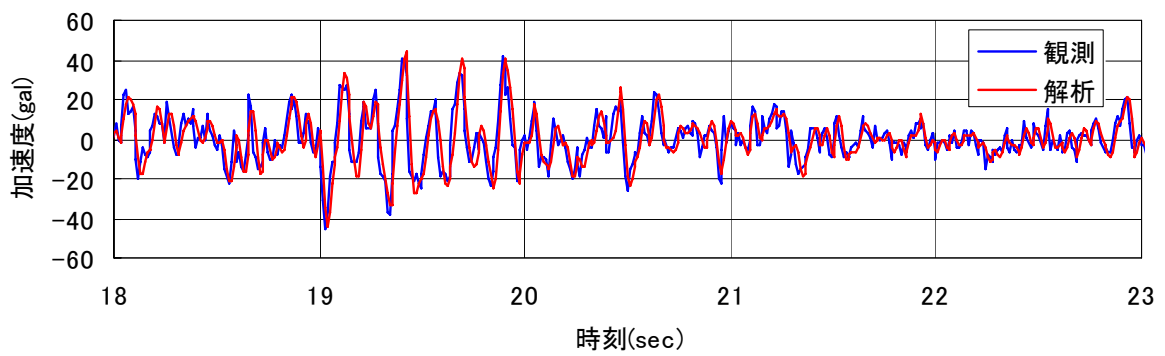
b) 鉛直方向

図 2-42 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース⑥)



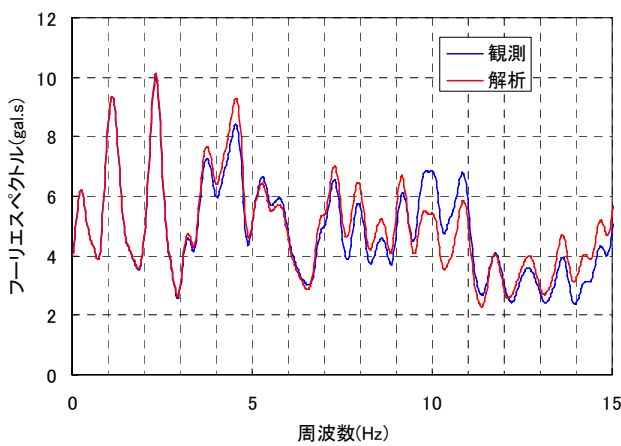


a) 上下流方向

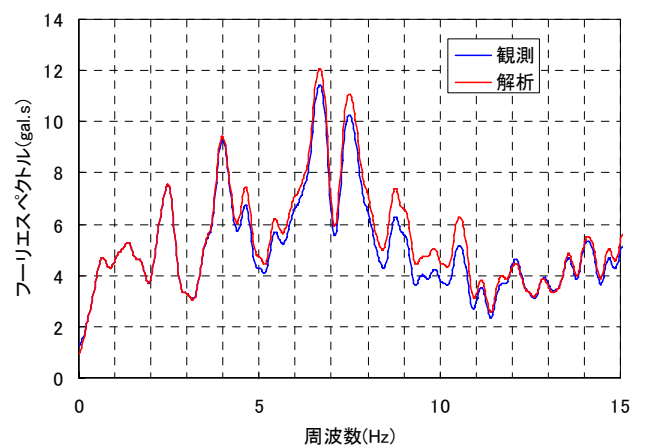


b) 鉛直方向

図 2-43 加速度時刻歴の比較（監査廊、ケース⑥）

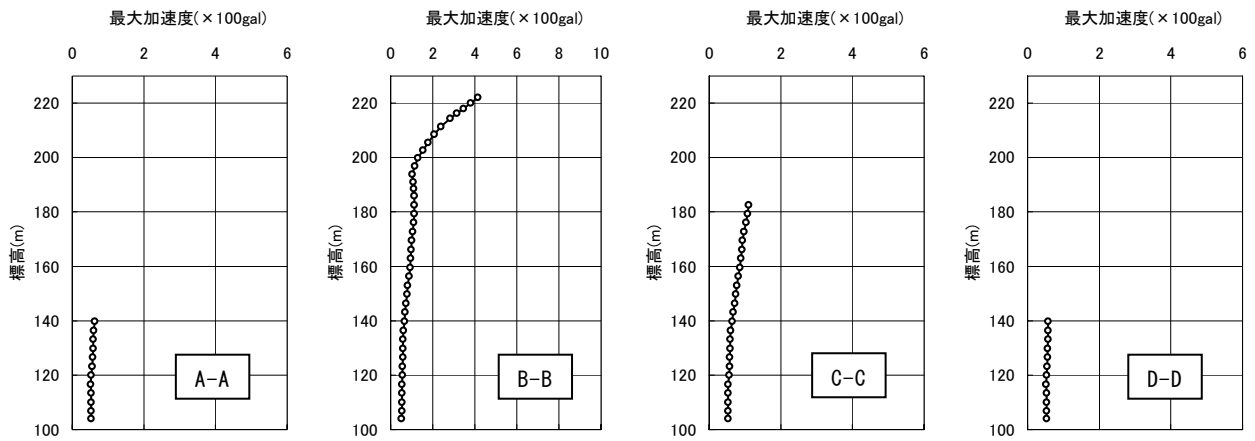
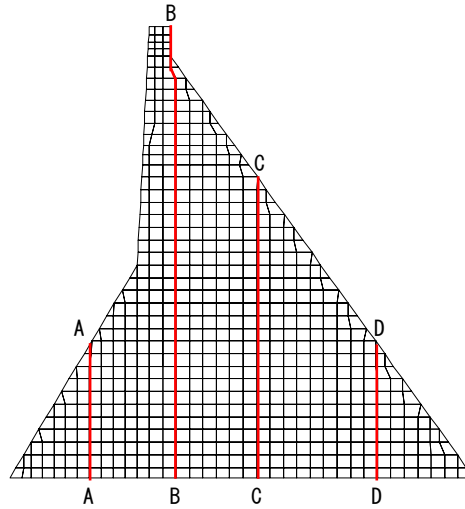


a) 上下流方向

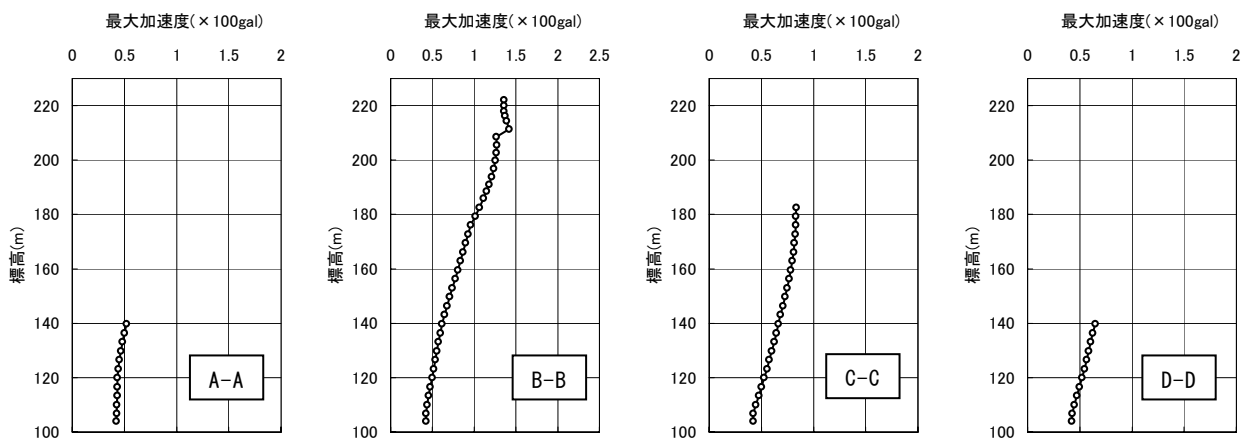


b) 鉛直方向

図 2-44 加速度フーリエスペクトルの比較（監査廊、ケース⑥）

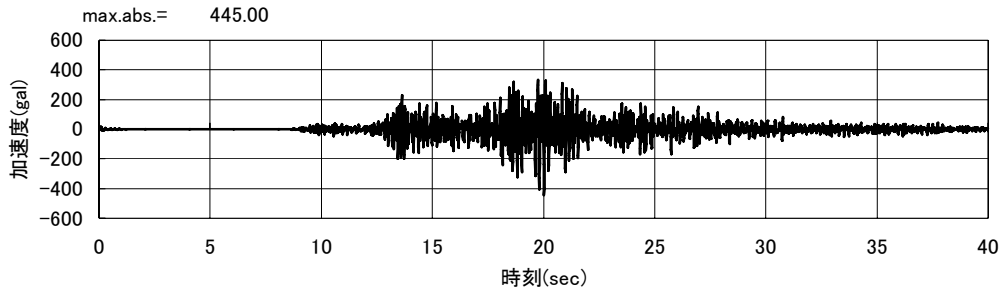


a) 上下流方向

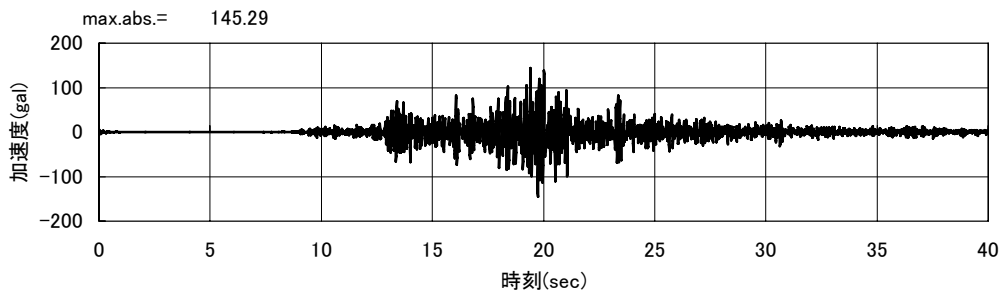


b) 鉛直方向

図 2-45 最大加速度深度分布 (ケース⑥)

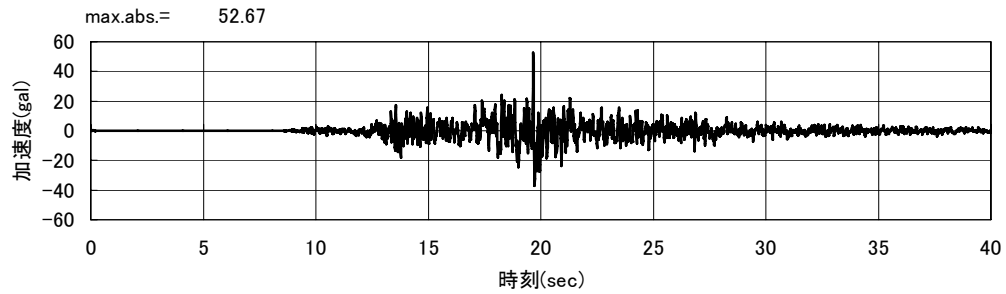


a) 上下流方向

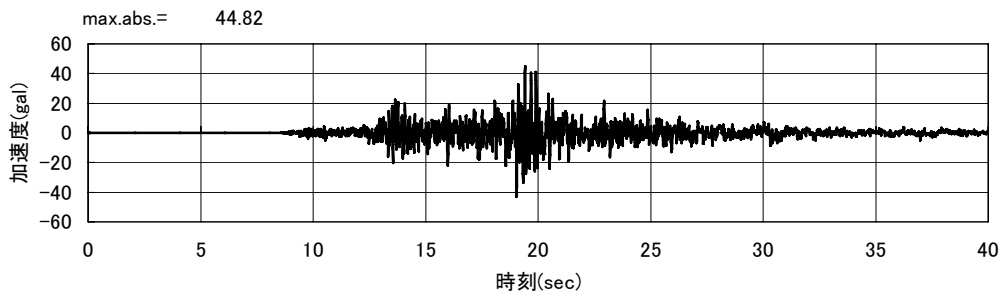


b) 鉛直方向

図 2-46 解析による加速度時刻歴（天端、ケース⑦）

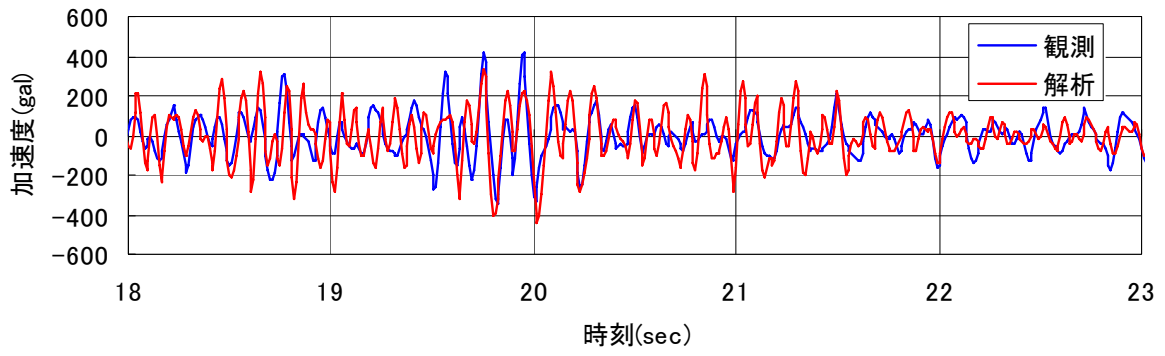


a) 上下流方向

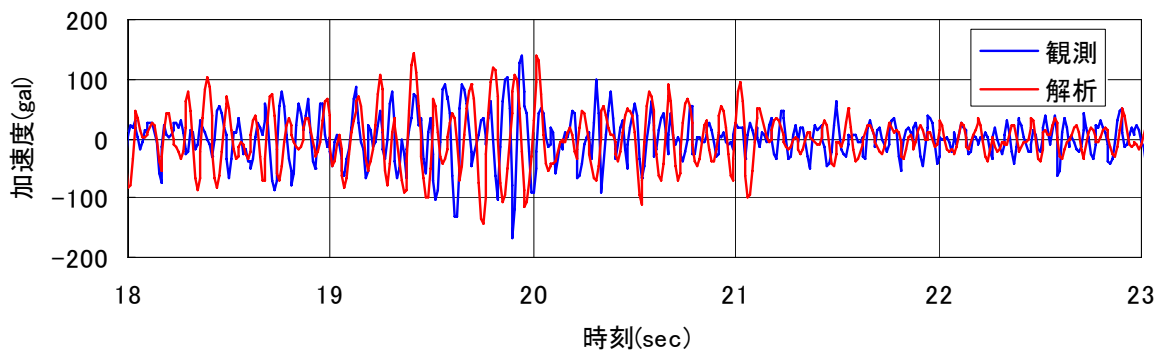


b) 鉛直方向

図 2-47 解析による加速度時刻歴（監査廊、ケース⑦）

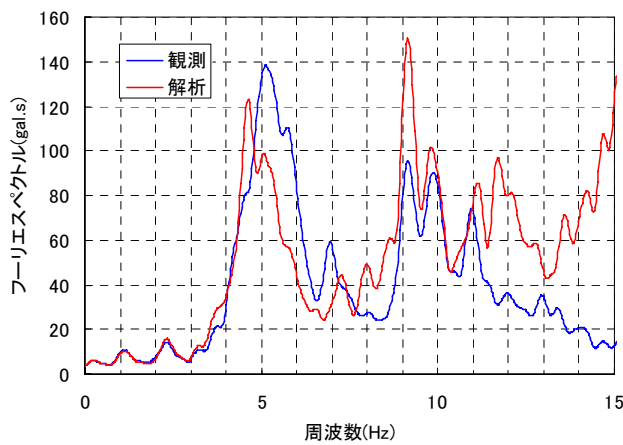


a) 上下流方向

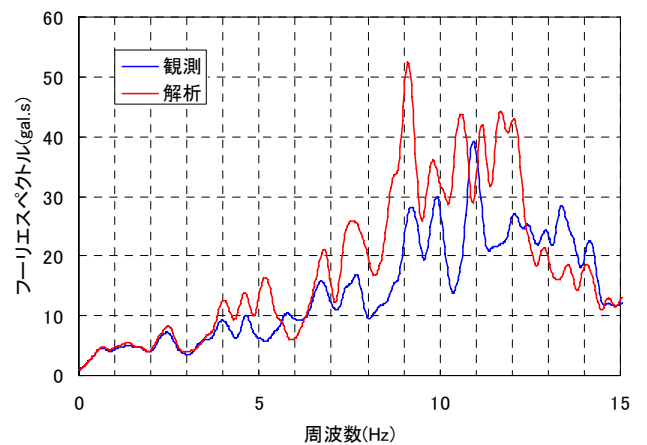


b) 鉛直方向

図 2-48 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース⑦)

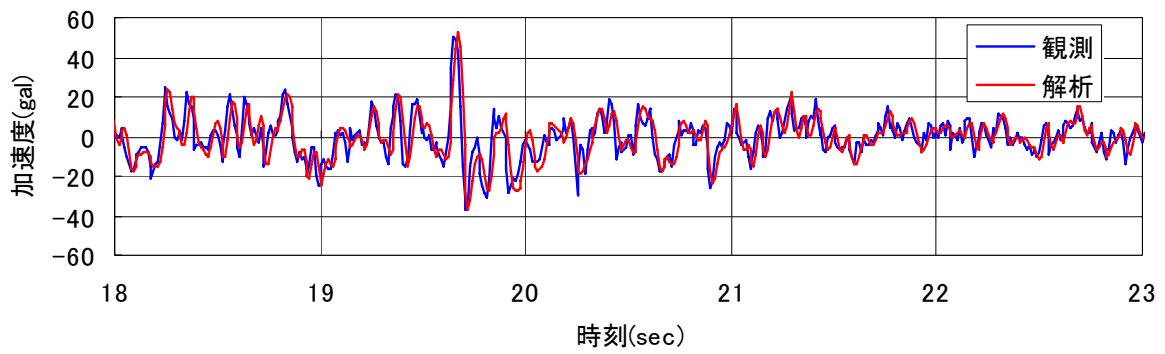


a) 上下流方向

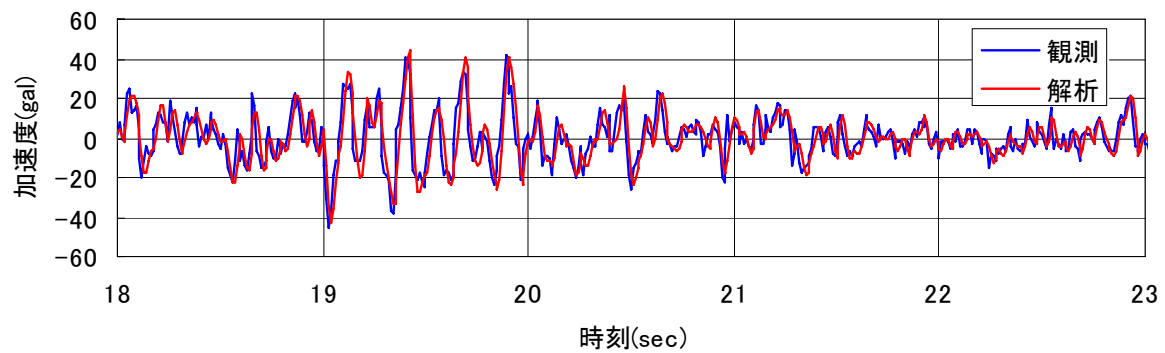


b) 鉛直方向

図 2-49 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース⑦)

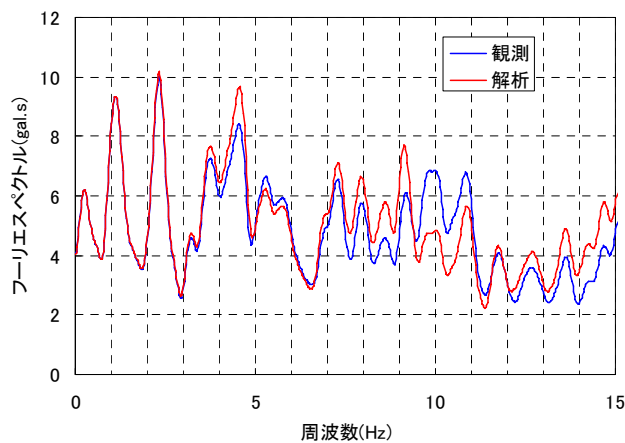


a) 上下流方向

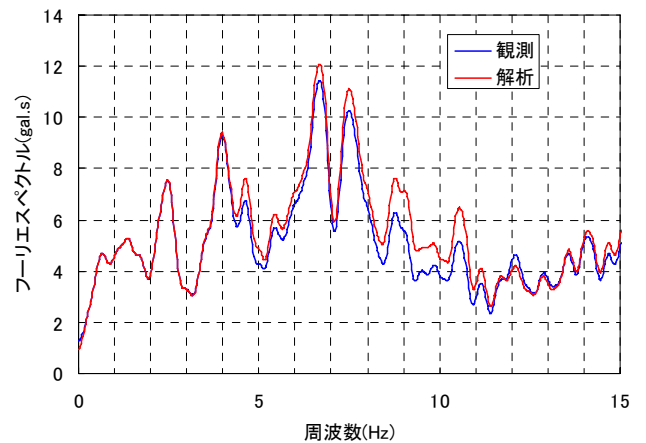


b) 鉛直方向

図 2-50 加速度時刻歴の比較 (監査廊、ケース⑦)

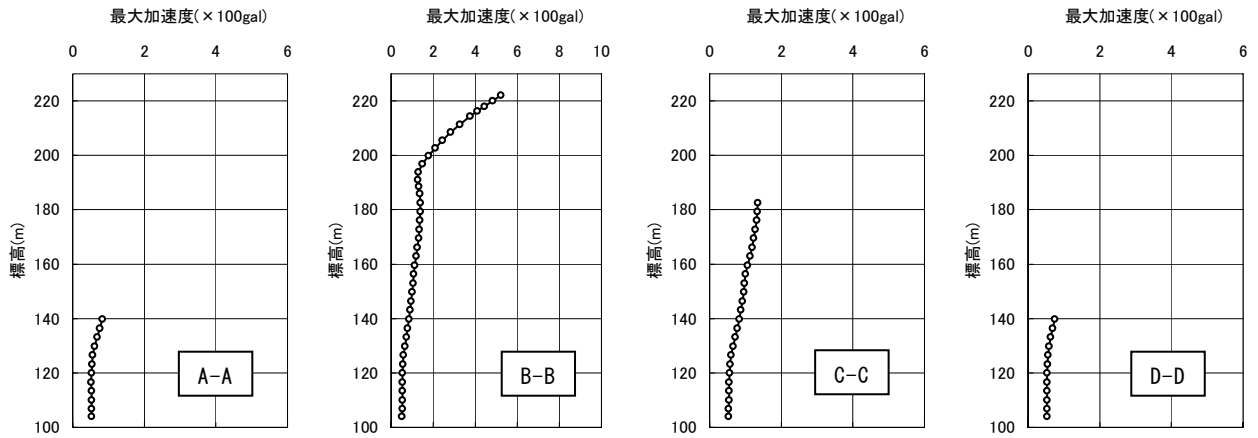
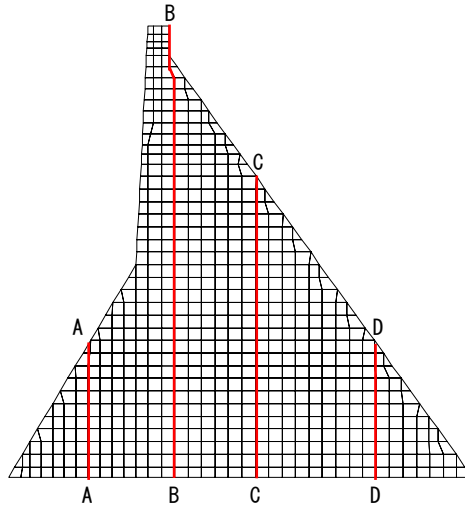


a) 上下流方向

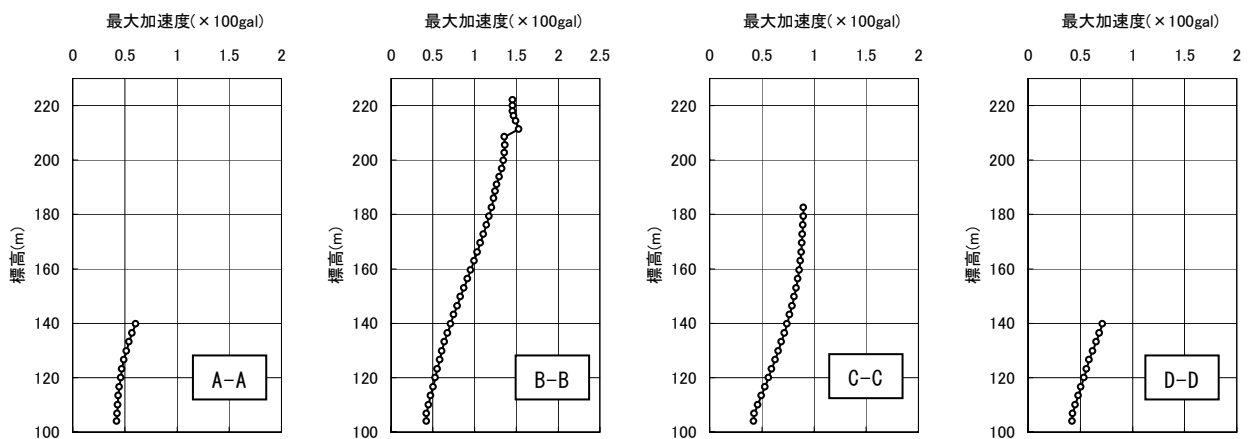


b) 鉛直方向

図 2-51 加速度フーリエスペクトルの比較 (監査廊、ケース⑦)



a) 上下流方向



b) 鉛直方向

図 2-52 最大加速度深度分布 (ケース⑦)

(4) 最大加速度比較

表 2-3 最大加速度の比較

観測点	方向	観測値 (gal)	解析値 (gal)						
			ケース ①	ケース ②	ケース ③	ケース ④	ケース ⑤	ケース ⑥	ケース ⑦
天端	上下流	421.0	418.2	389.7	373.2	257.4	312.1	345.8	445.0
	鉛直	169.0	244.6	263.8	173.57	156.2	127.0	135.9	145.3
監査廊	上下流	50.8	52.3	52.3	52.3	51.9	52.4	52.4	52.7
	鉛直	44.9	42.1	42.1	42.1	46.0	44.2	44.4	44.8

### 3. 瑞梅寺ダムの地震応答再現解析

#### 3.1 解析ケース及び物性値

表 3-1 解析ケース及び物性値

ケース	解析モデル	名称	単位 体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポア ソン 比	弾性 係数 (kN/m <sup>2</sup> )	材料 減衰 (%)	全減衰 <sup>2)</sup> (%)	備考
①	ダム-基礎	基礎	24.50	0.35	$3.509 \times 10^7$	2	—	V <sub>s</sub> =2280m/s <sup>1)</sup>
		コンクリート	23.52	0.20	$2.058 \times 10^7$	3		V <sub>s</sub> =1890m/s
②	ダム-基礎	基礎	24.50	0.35	$3.509 \times 10^7$	2	—	V <sub>s</sub> =2280m/s
		コンクリート	23.52	0.20	$3.430 \times 10^7$	3		V <sub>s</sub> =2440m/s
③	ダムのみ	コンクリート	23.52	0.20	$2.058 \times 10^7$	—	10	V <sub>s</sub> =1890m/s
④	ダムのみ	コンクリート	23.52	0.20	$3.430 \times 10^7$	—	10	V <sub>s</sub> =2440m/s

註：

1) V<sub>p</sub>=4750m/s (計測の平均値、「瑞梅寺ダム弾性波地質調査工事報告書」、昭和43年7月)、 $\nu=0.35$ により算定

2) 全減衰=材料減衰+逸散減衰



### 3.2 解析結果

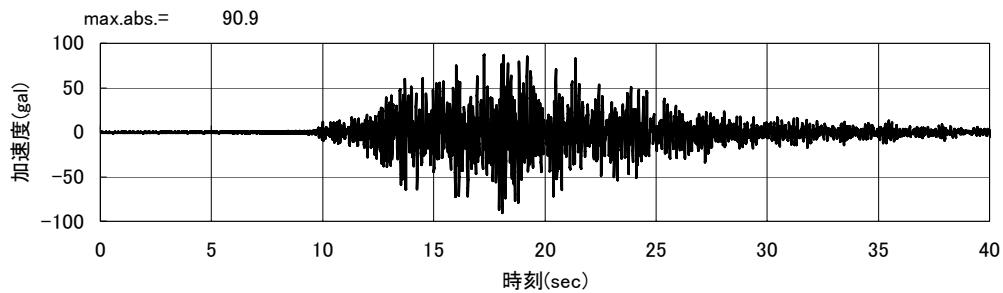
#### (1) 固有値解析

表 3-2 固有値解析結果 (ダムのみ)

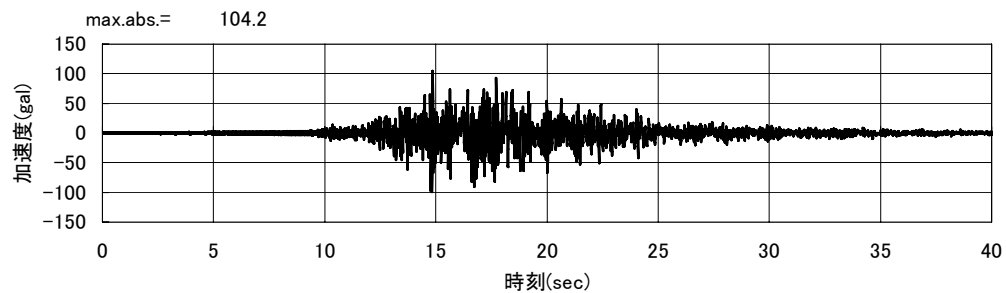
コンクリート弾性係数 (kN/m <sup>2</sup> )	2.058 × 10 <sup>7</sup>	3.430 × 10 <sup>7</sup>	備考
ポアソン比	0.20	0.20	貯水による付加質量を考慮
単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	23.52	23.52	
一次固有周波数	5.65Hz (0.18 秒)	7.30Hz (0.14 秒)	

#### (2) 基盤波

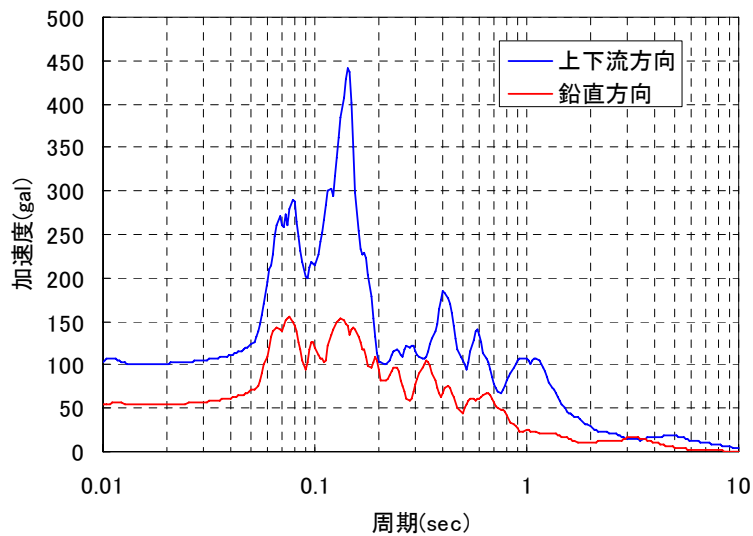
図 3-1 と図 3-2 に解析で得られた入力地震動 (基盤波: 2E) を示す。



a) 加速度時刻歴 (上下流方向)

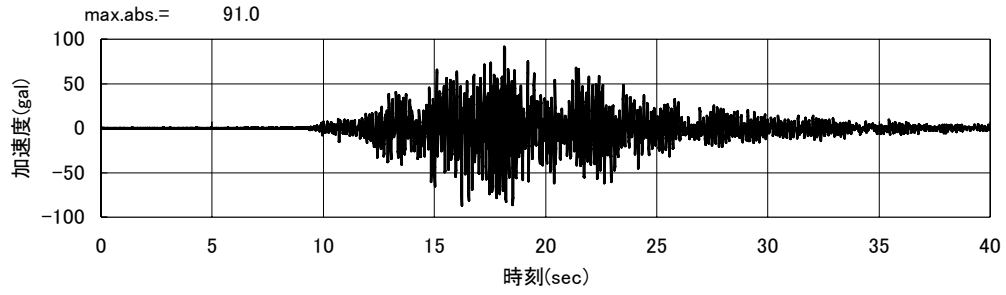


b) 加速度時刻歴 (鉛直方向)

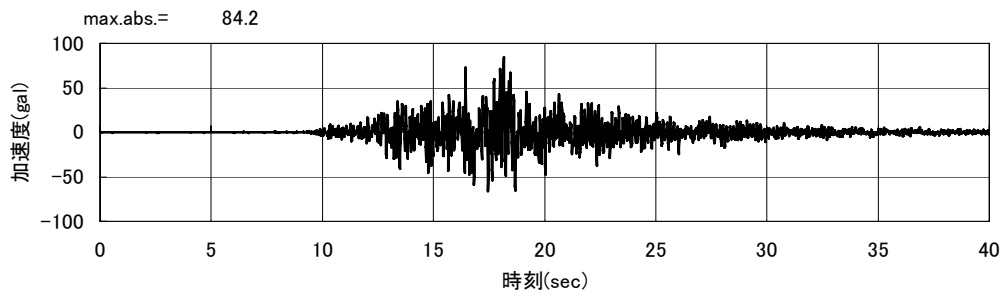


d) 加速度応答スペクトル (h=5%)

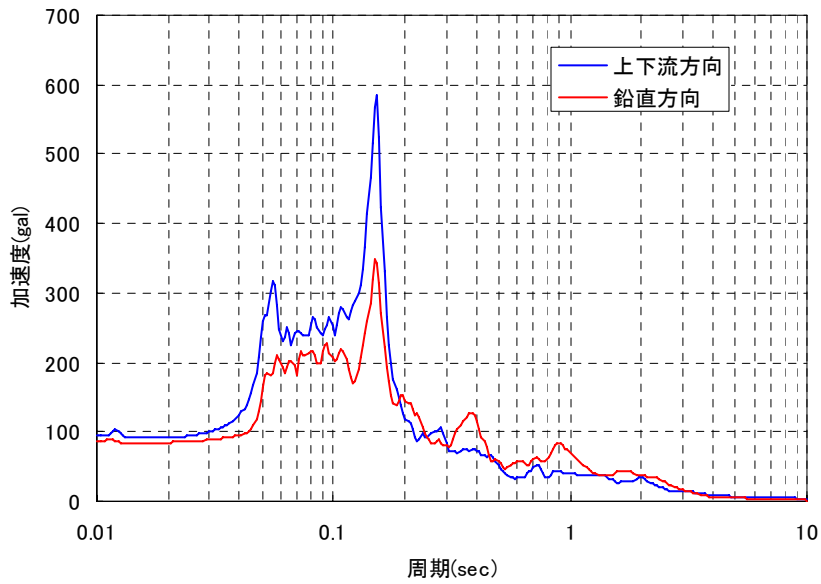
図 3-1 基盤波加速度諸元 (ケース①)



a) 加速度時刻歴（上下流方向）



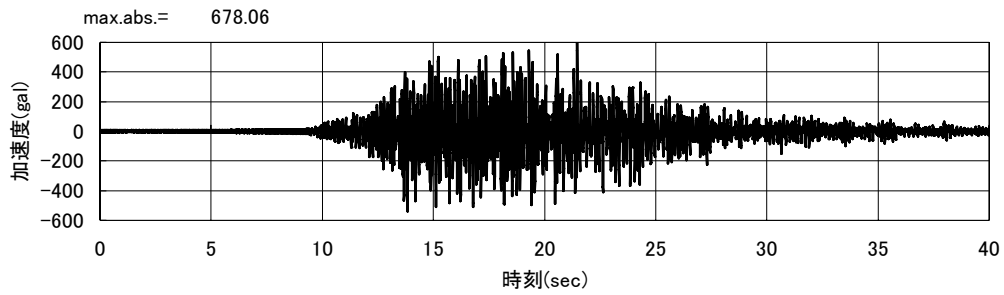
b) 加速度時刻歴（鉛直方向）



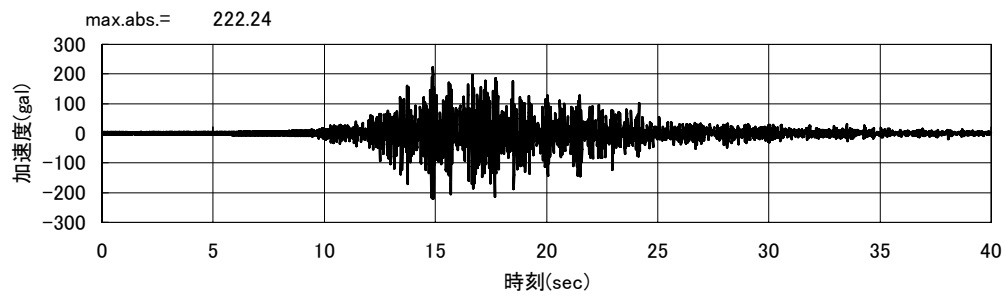
c) 加速度応答スペクトル (h=5%)

図 3-2 基盤波加速度諸元（ケース②）

(3) 観測点応答比較

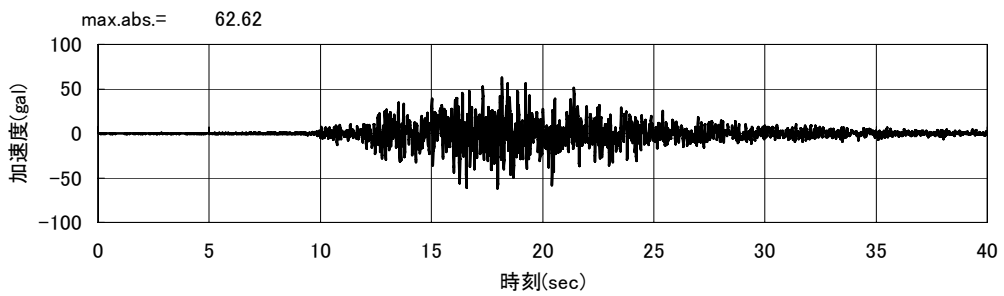


a) 上下流方向

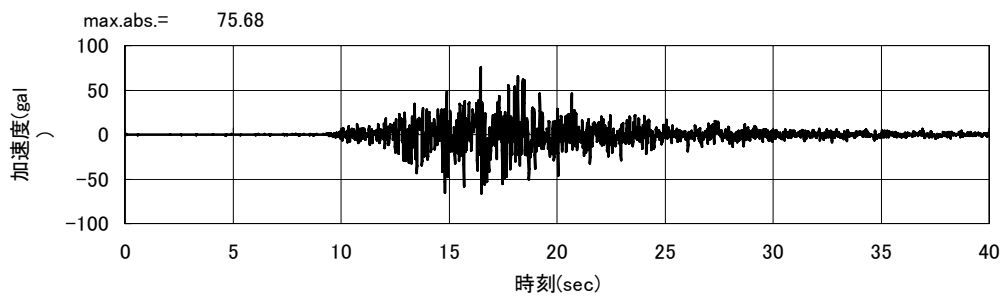


b) 鉛直方向

図 3-3 解析による加速度時刻歴 (天端、ケース①)

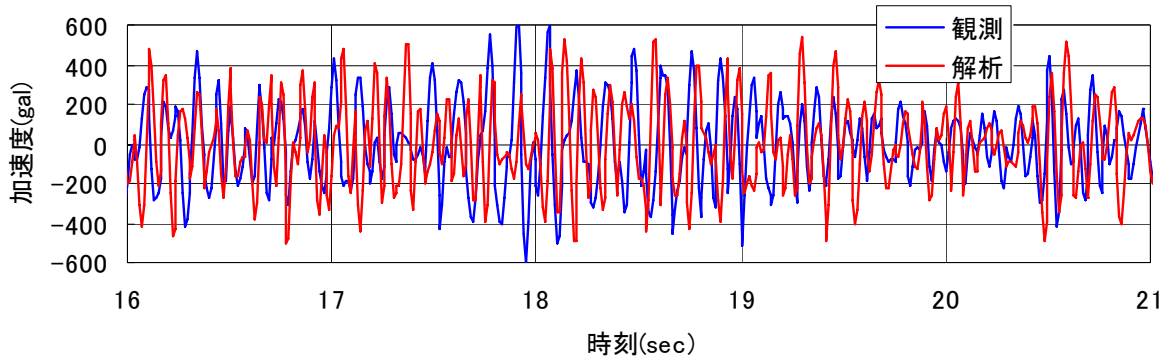


a) 上下流方向

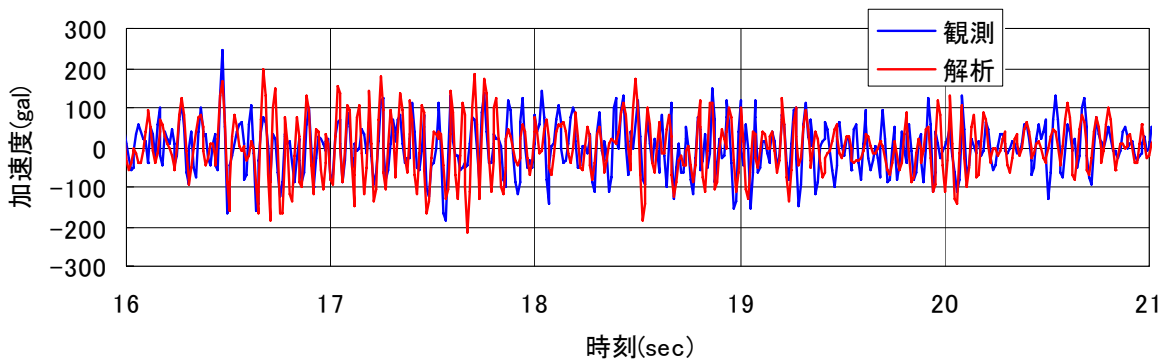


b) 鉛直方向

図 3-4 解析による加速度時刻歴 (監査廊、ケース①)

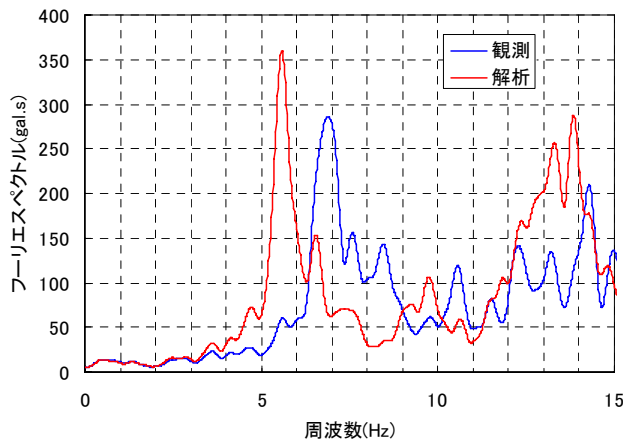


a) 上下流方向

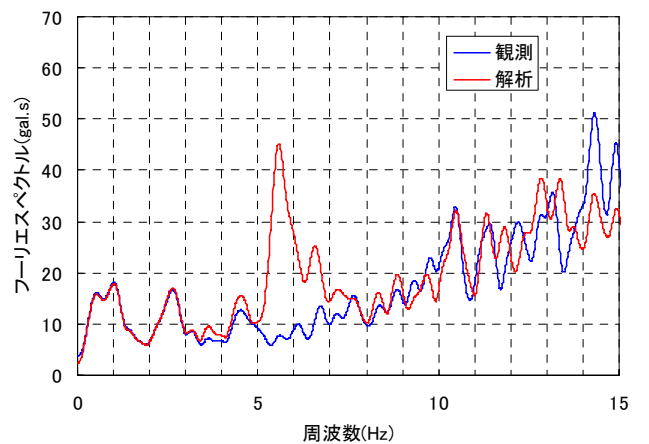


b) 鉛直方向

図 3-5 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース①)

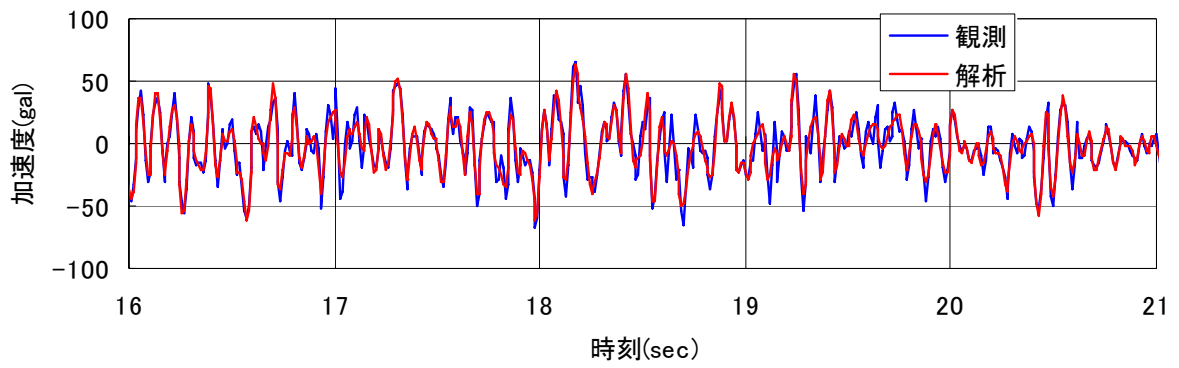


a) 上下流方向

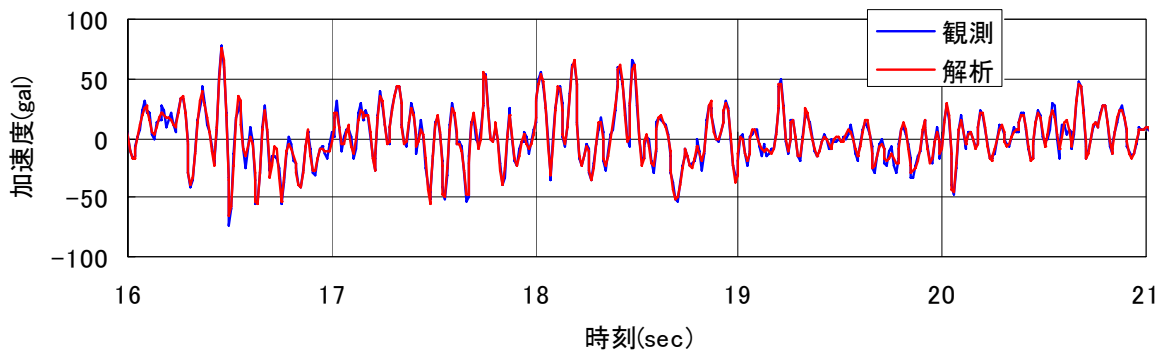


b) 鉛直方向

図 3-6 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース①)

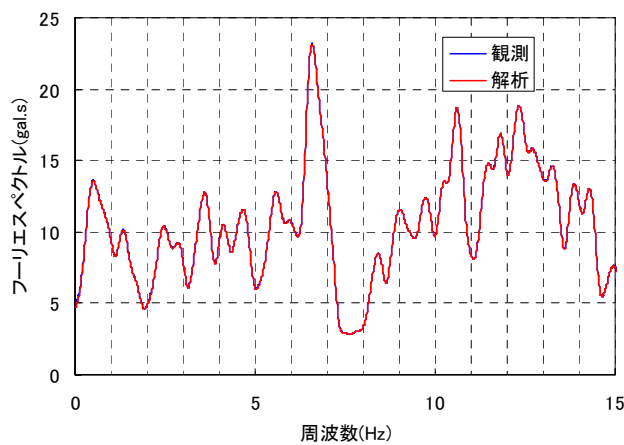


a) 上下流方向

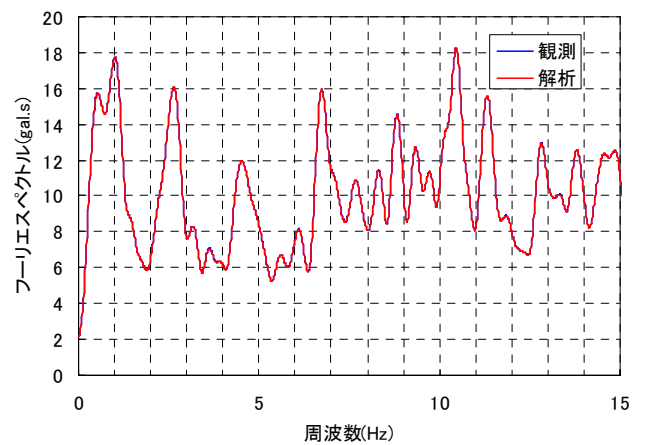


b) 鉛直方向

図 3-7 加速度時刻歴の比較 (監査廊、ケース①)

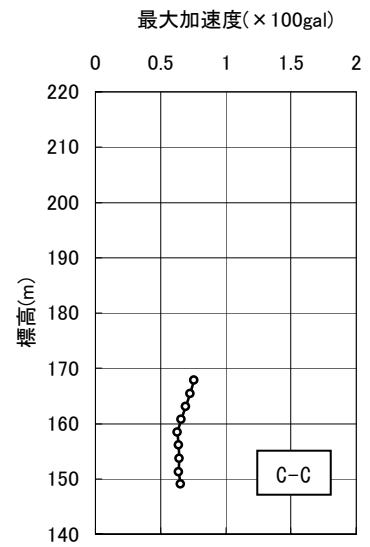
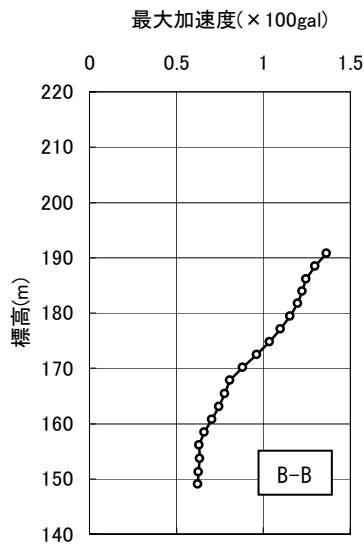
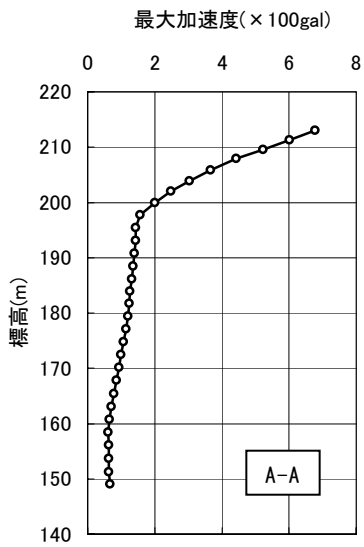
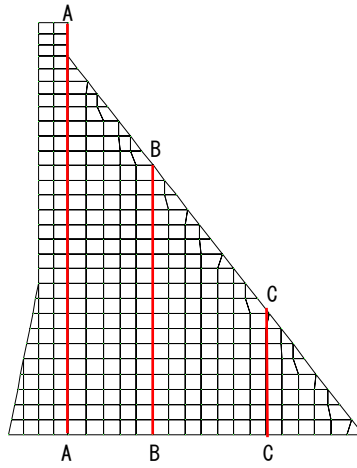


a) 上下流方向

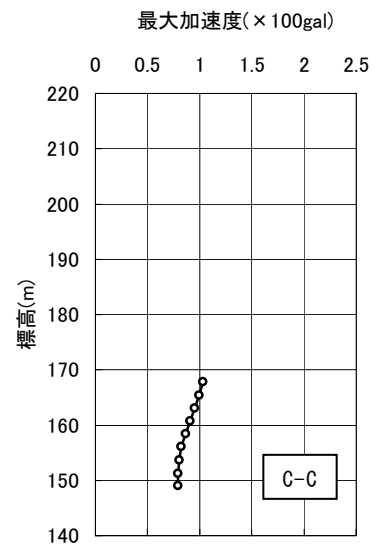
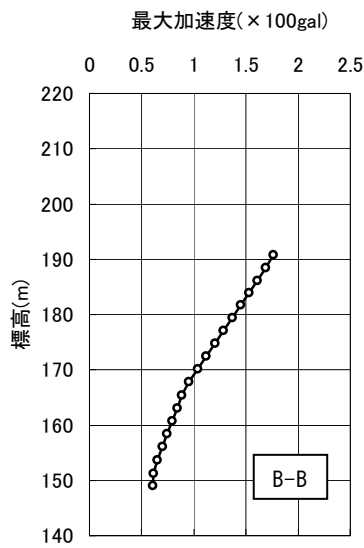
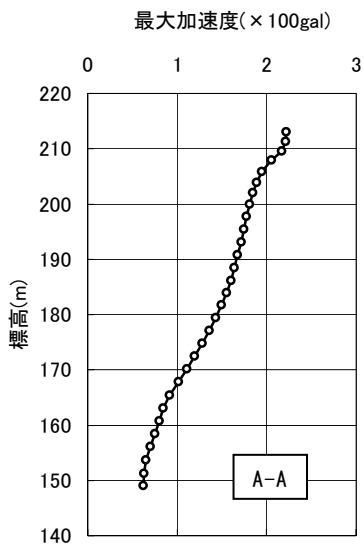


b) 鉛直方向

図 3-8 加速度フーリエスペクトルの比較 (監査廊、ケース①)

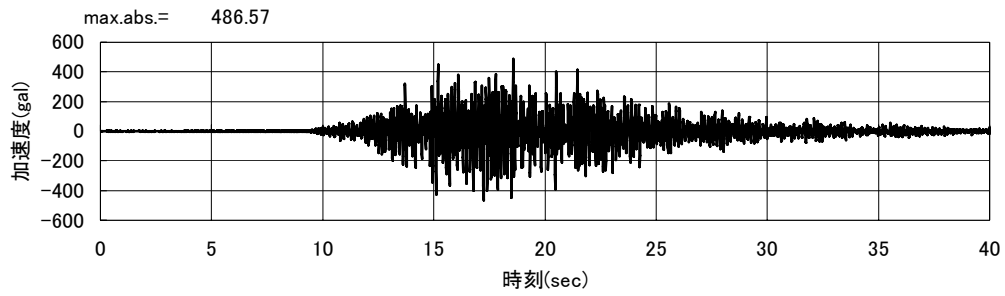


a) 上下流方向

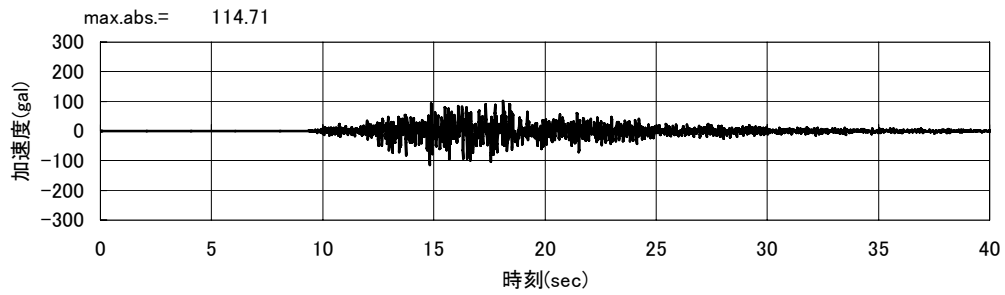


b) 鉛直方向

図 3-9 最大加速度深度分布 (ケース①)

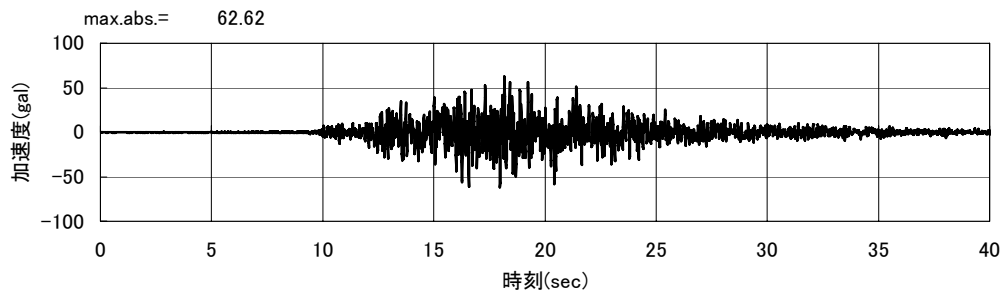


a) 上下流方向

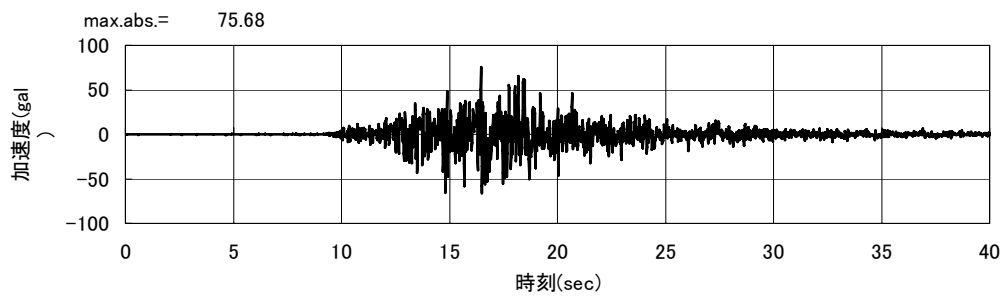


b) 鉛直方向

図 3-10 解析による加速度時刻歴（天端、ケース②）

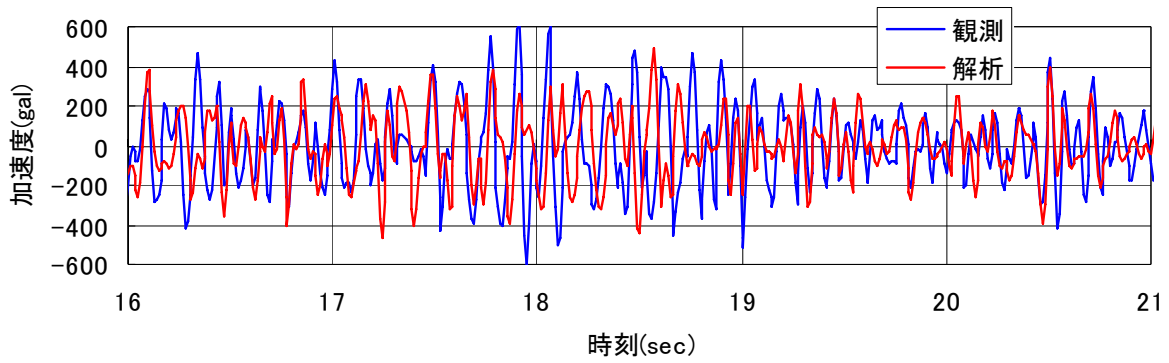


a) 上下流方向

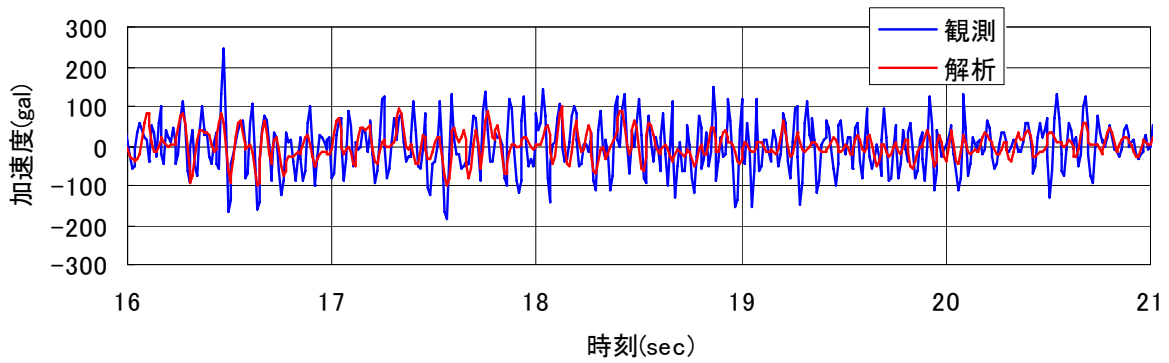


b) 鉛直方向

図 3-11 解析による加速度時刻歴（監査廊、ケース②）

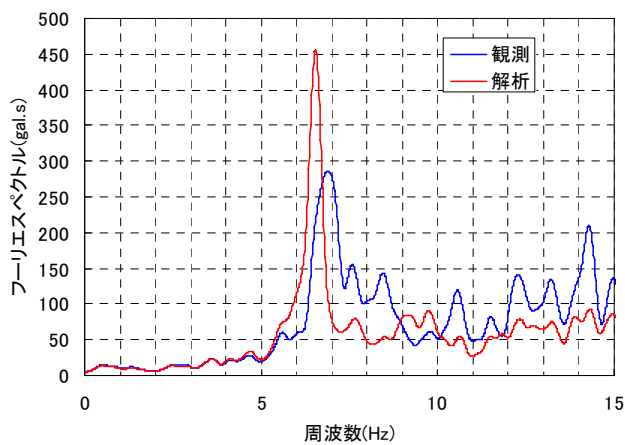


a) 上下流方向

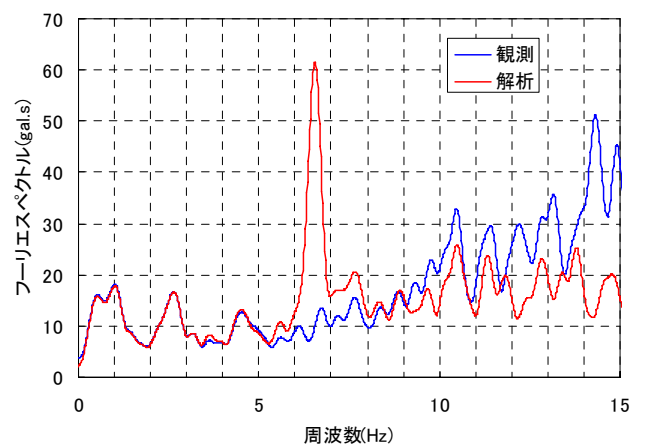


b) 鉛直方向

図 3-12 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース②)



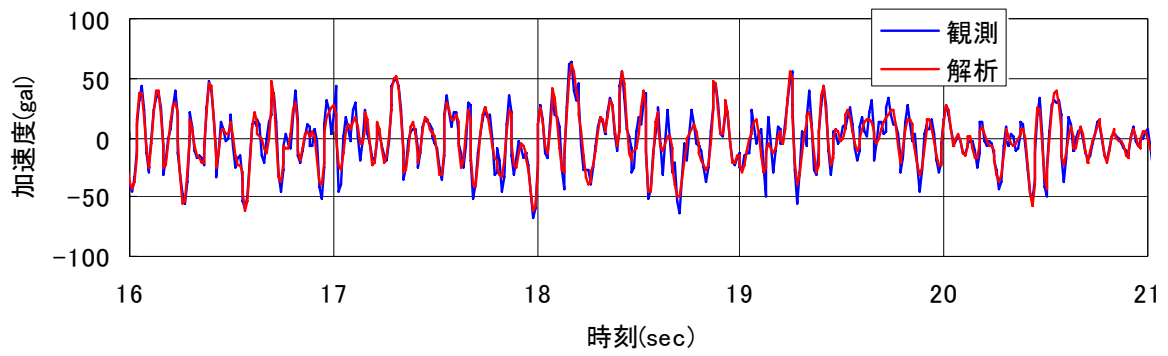
a) 上下流方向



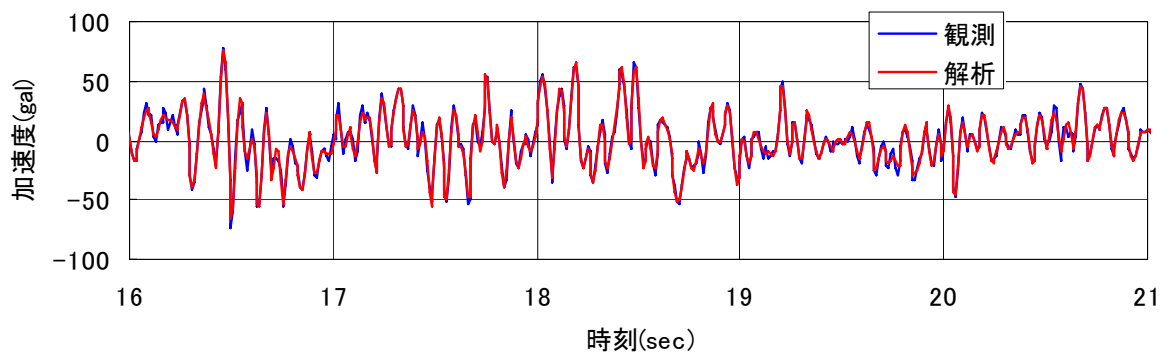
b) 鉛直方向

図 3-13 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース②)



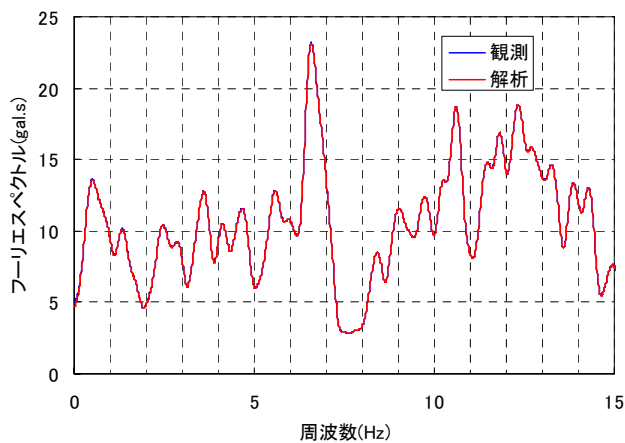


a) 上下流方向

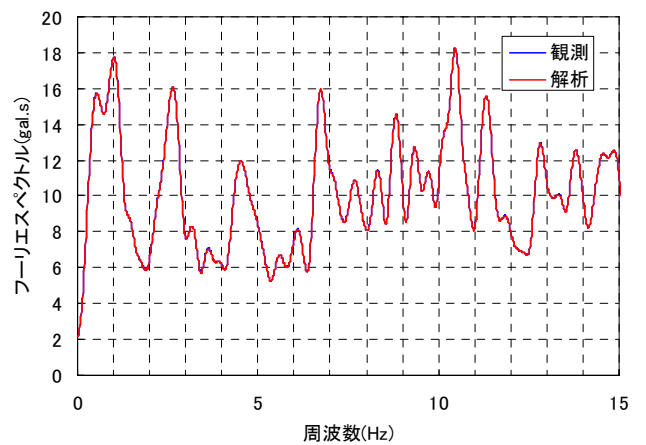


b) 鉛直方向

図 3-14 加速度時刻歴の比較 (監査廊、ケース②)

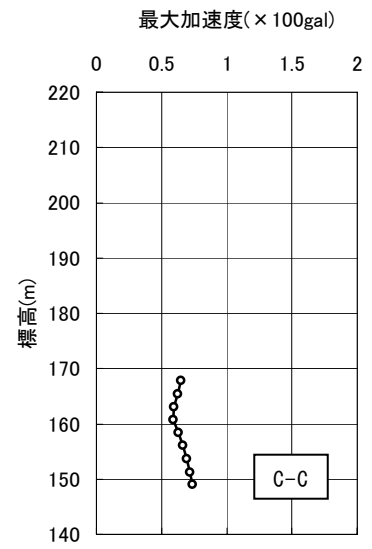
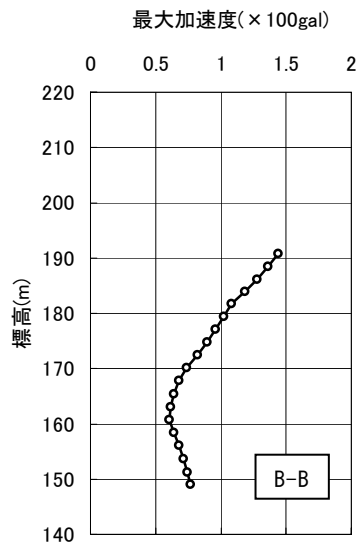
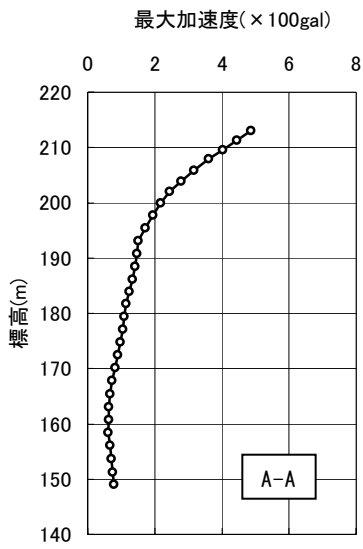
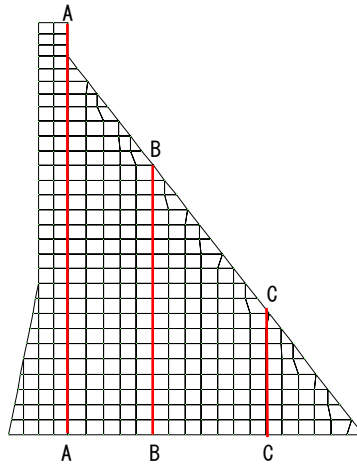


a) 上下流方向

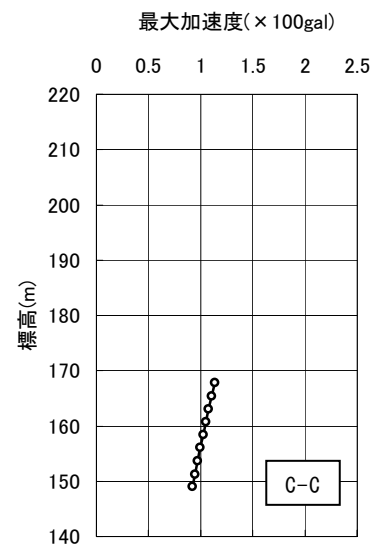
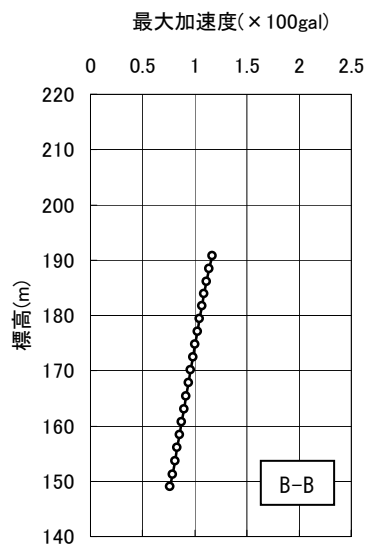
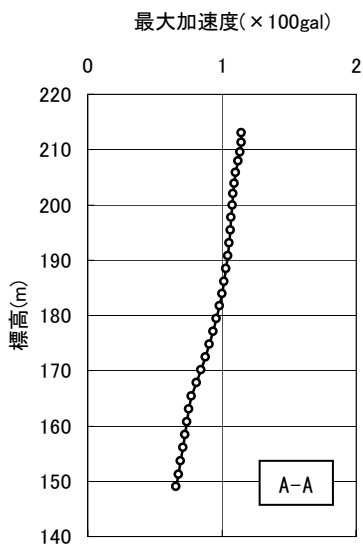


b) 鉛直方向

図 3-15 加速度フーリエスペクトルの比較 (監査廊、ケース②)

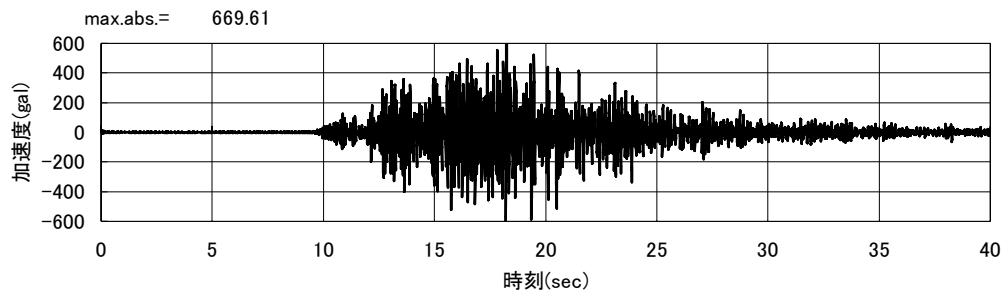


a) 上下流方向

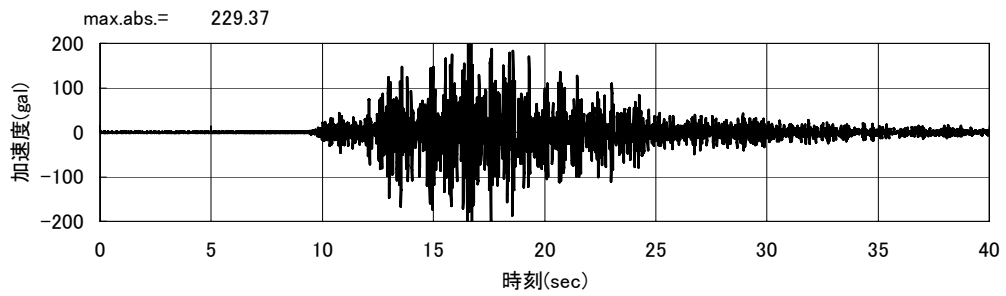


b) 鉛直方向

図 3-16 最大加速度深度分布 (ケース②)

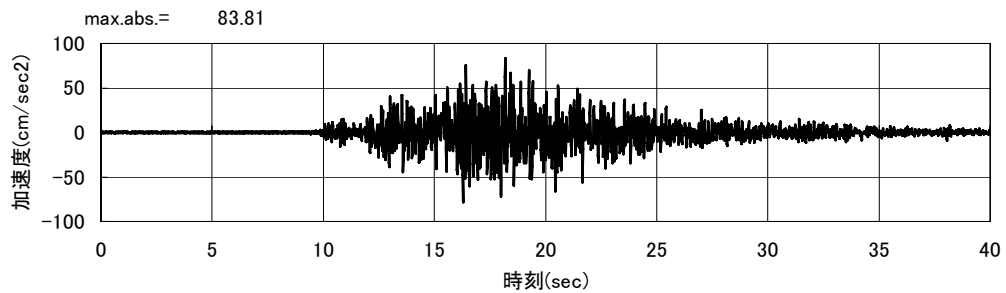


a) 上下流方向

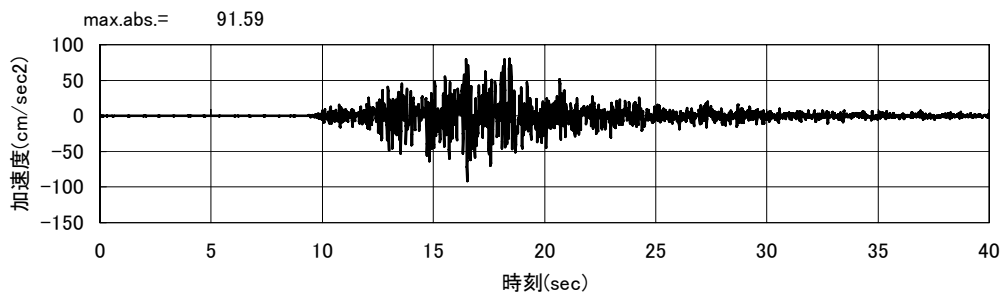


b) 鉛直方向

図 3-17 解析による加速度時刻歴（天端、ケース③）

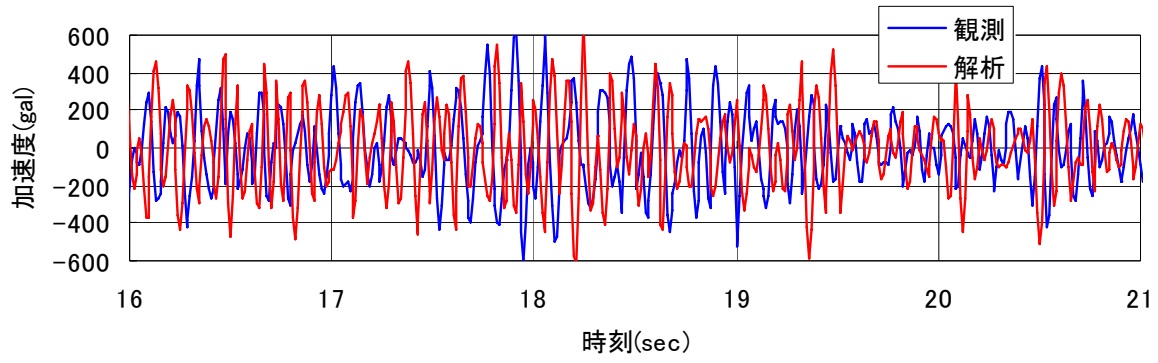


a) 上下流方向

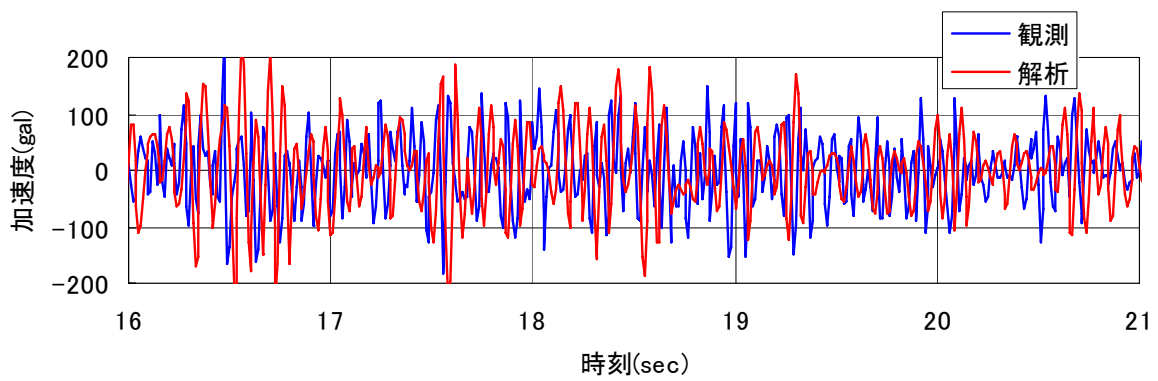


b) 鉛直方向

図 3-18 解析による加速度時刻歴（監査廊、ケース③）

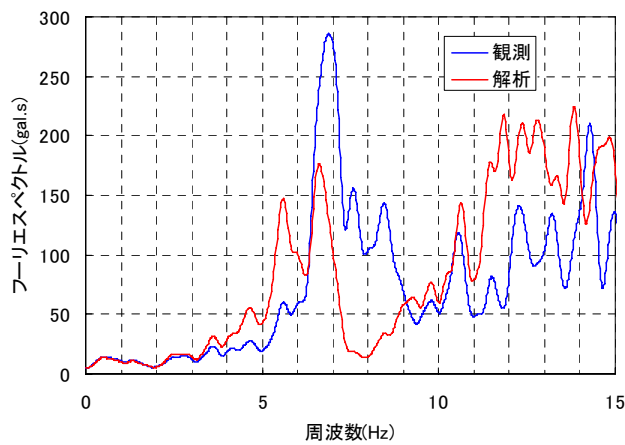


a) 上下流方向

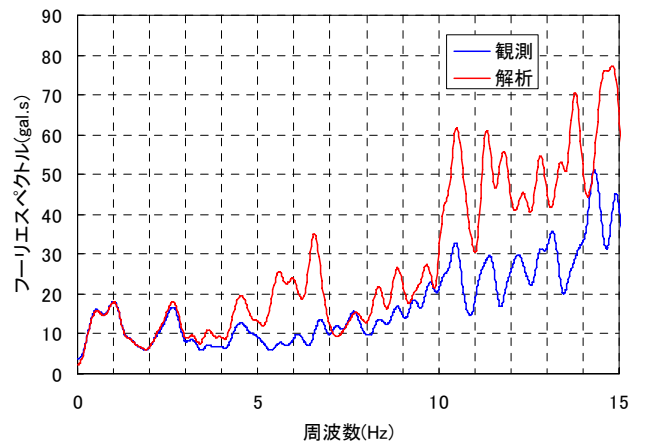


b) 鉛直方向

図 3-19 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース③)

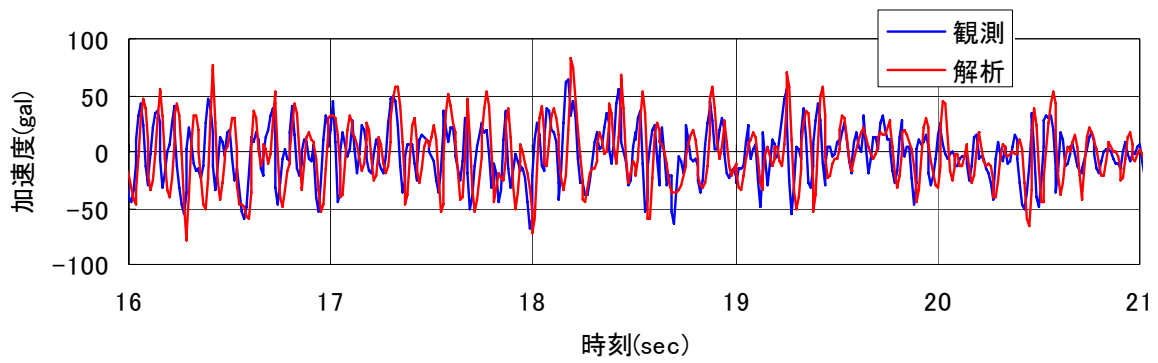


a) 上下流方向

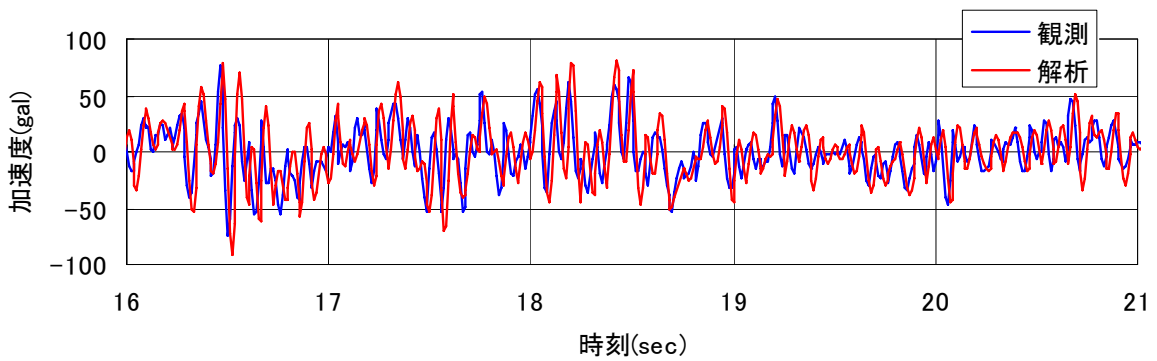


b) 鉛直方向

図 3-20 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース③)

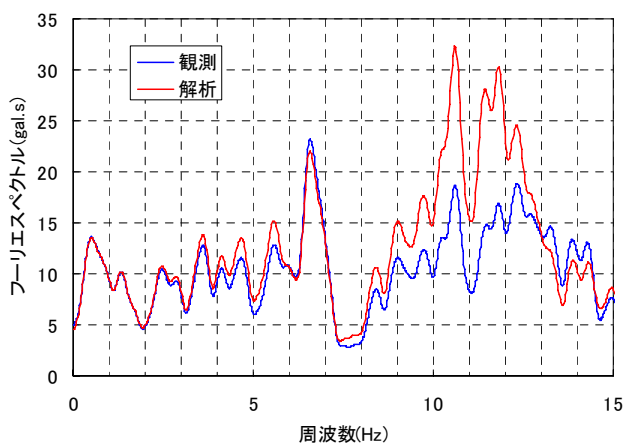


a) 上下流方向

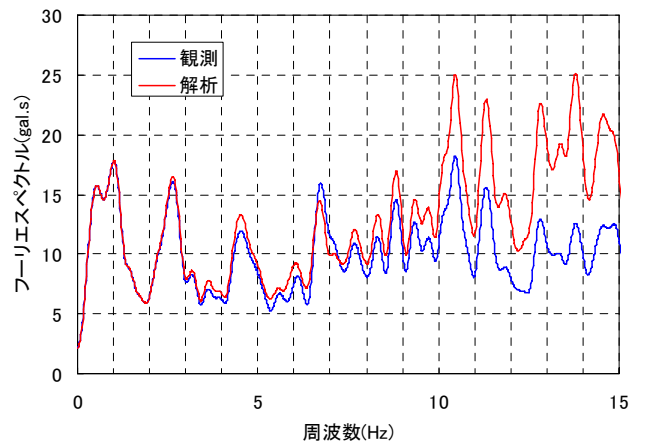


b) 鉛直方向

図 3-21 加速度時刻歴の比較 (監査廊、ケース③)

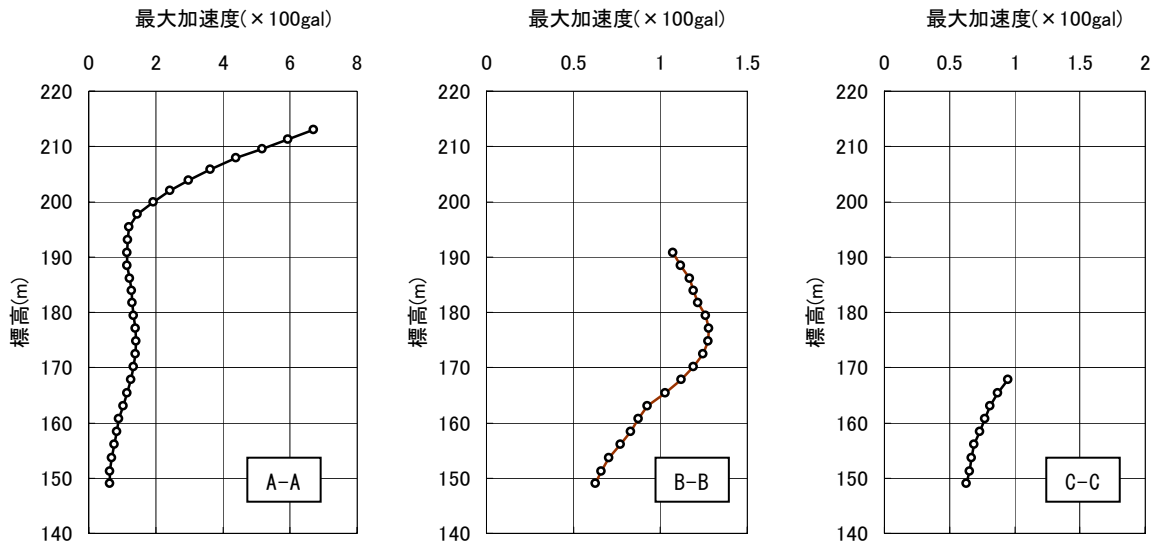
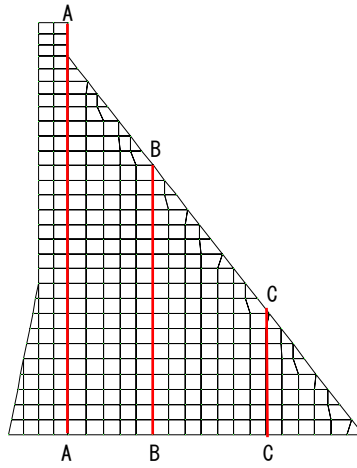


a) 上下流方向

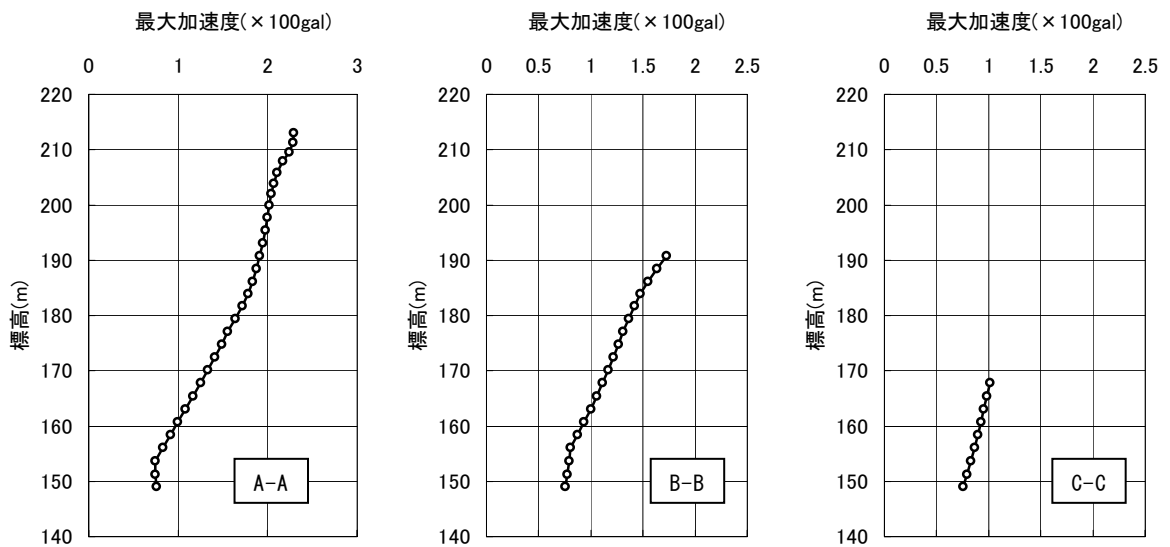


b) 鉛直方向

図 3-22 加速度フーリエスペクトルの比較 (監査廊、ケース③)

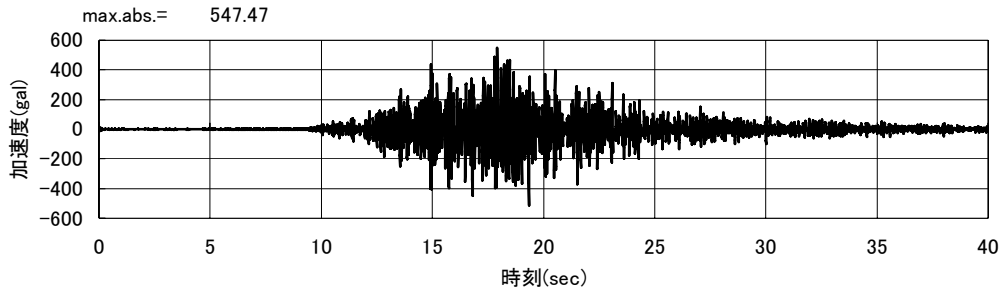


a) 上下流方向

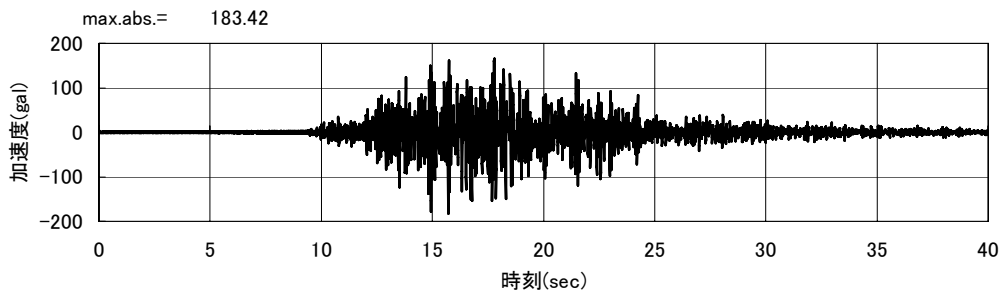


b) 鉛直方向

図 3-23 最大加速度深度分布 (ケース③)

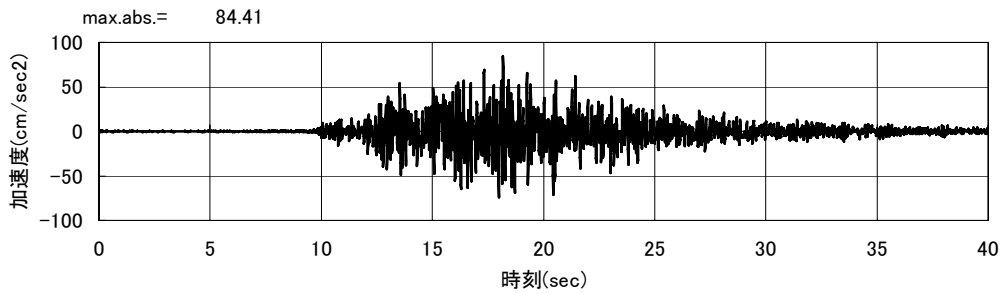


a) 上下流方向

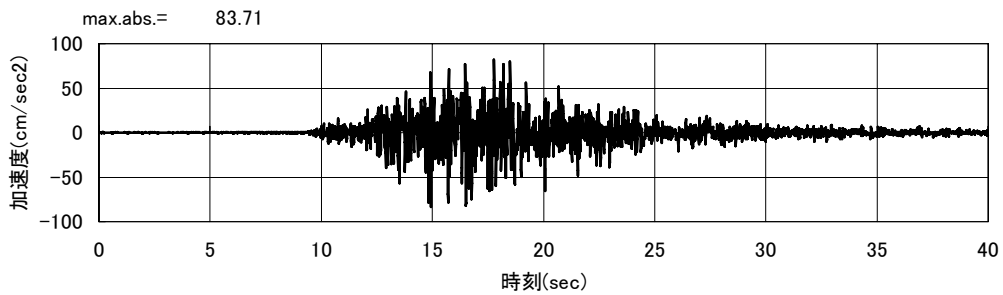


b) 鉛直方向

図 3-24 解析による加速度時刻歴（天端、ケース④）

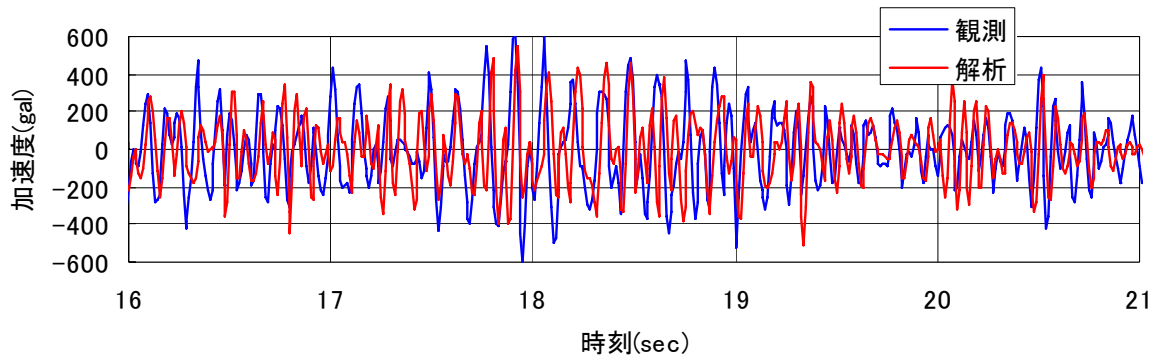


a) 上下流方向

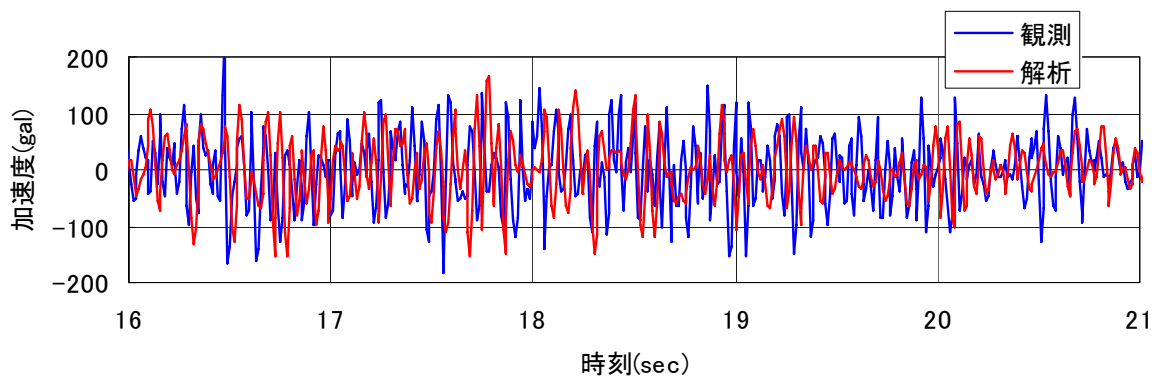


b) 鉛直方向

図 3-25 解析による加速度時刻歴（監査廊、ケース④）

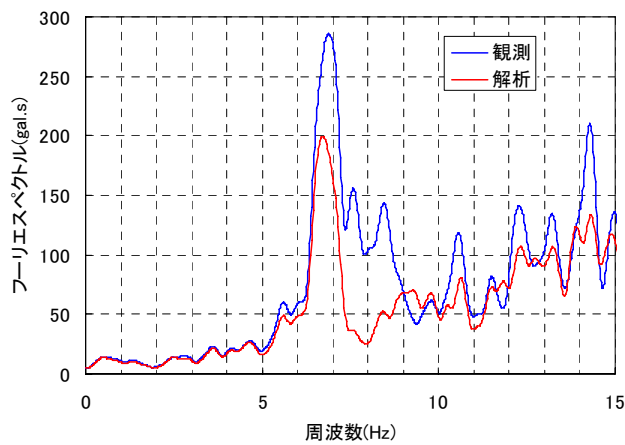


a) 上下流方向

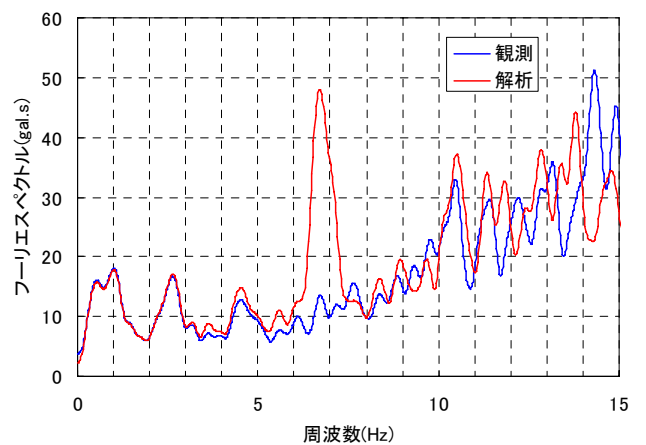


b) 鉛直方向

図 3-26 加速度時刻歴の比較 (天端、ケース④)



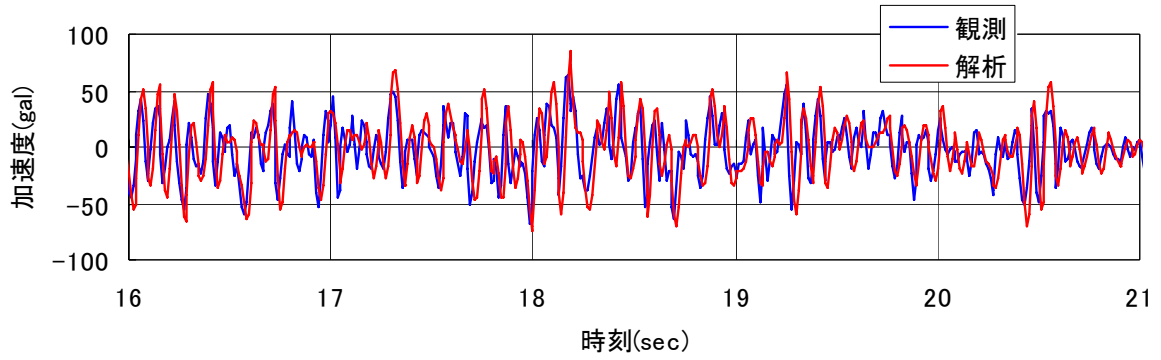
a) 上下流方向



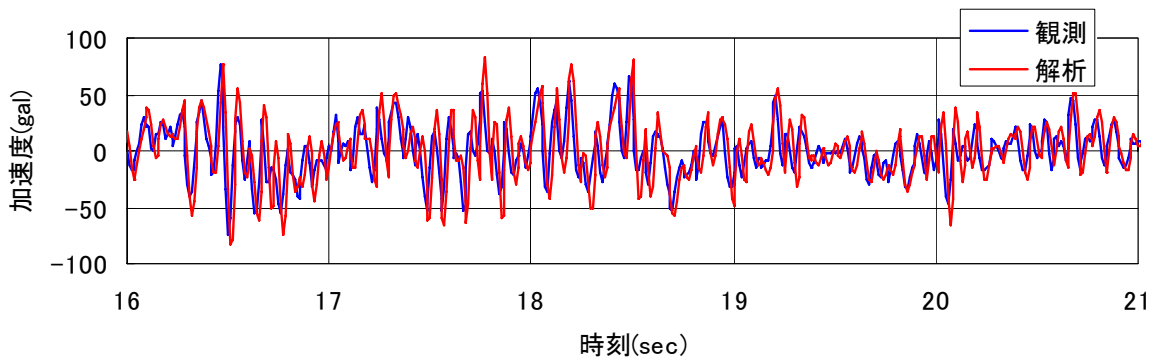
b) 鉛直方向

図 3-27 加速度フーリエスペクトルの比較 (天端、ケース④)



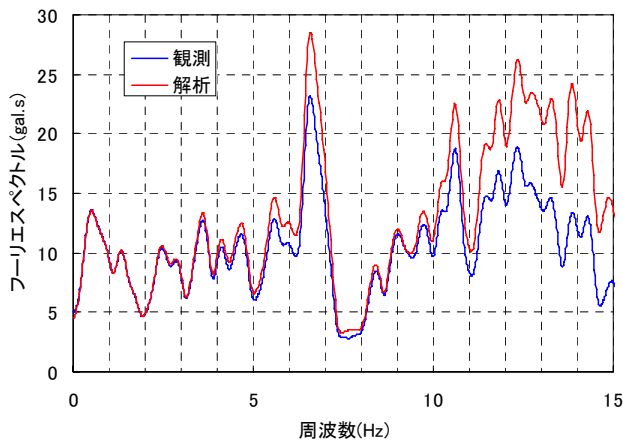


a) 上下流方向

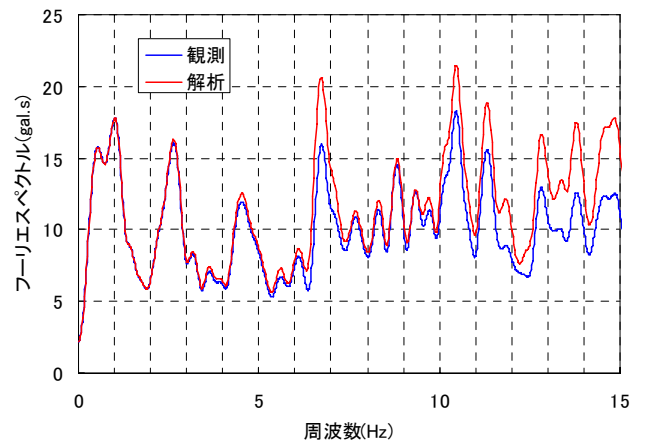


b) 鉛直方向

図 3-28 加速度時刻歴の比較 (監査廊、ケース④)

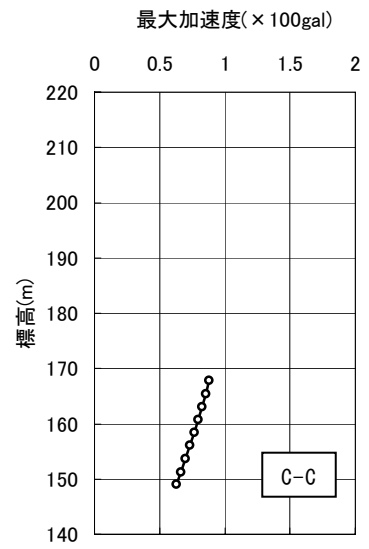
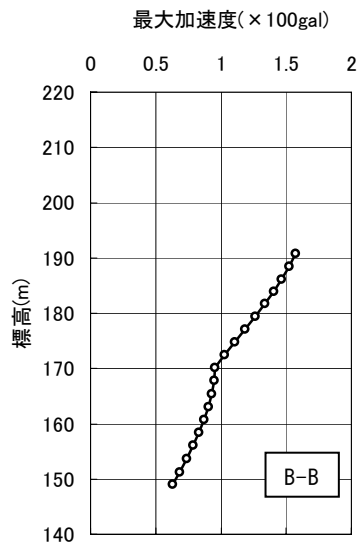
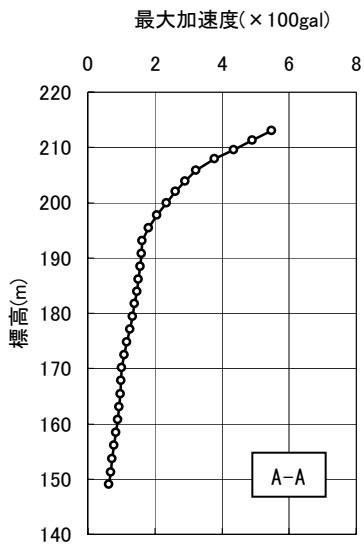
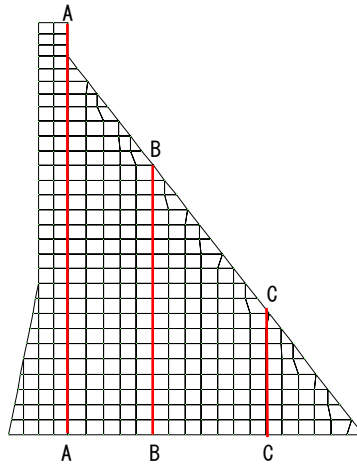


a) 上下流方向

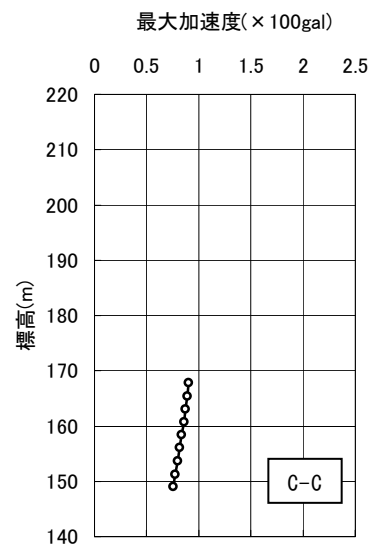
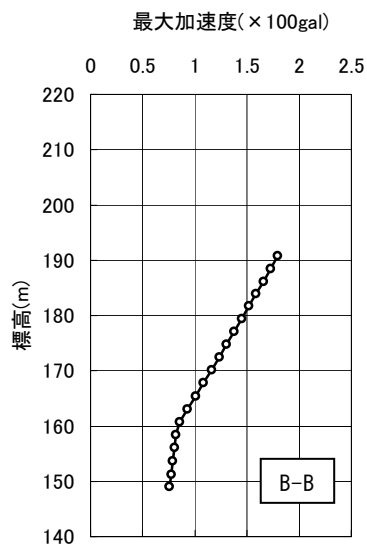
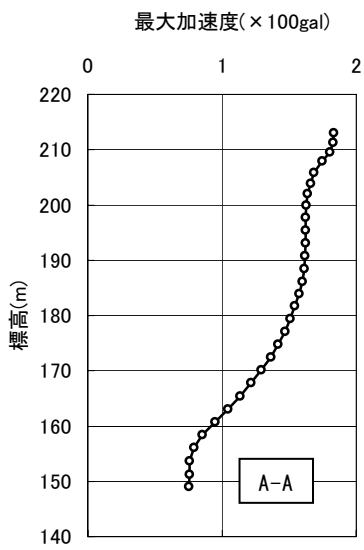


b) 鉛直方向

図 3-29 加速度フーリエスペクトルの比較 (監査廊、ケース④)



a) 上下流方向



b) 鉛直方向

図 3-30 最大加速度深度分布 (ケース④)

(4)最大加速度比較

表 3-3 最大加速度の比較

観測点	方向	観測値 (gal)	解析値 (gal)			
			ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
天端	上下流方向	609.6	678.1	486.6	669.6	547.5
	鉛直方向	244.9	222.2	114.7	229.4	183.4
監査廊	上下流方向	69.1	62.6	62.6	83.8	84.4
	鉛直方向	77.3	75.7	75.7	91.6	83.7

-----  
国土技術政策総合研究所資料  
TECHNICAL NOTE of N I L I M  
No. 427            November 2007

編集・発行 © 国土技術政策総合研究所

-----  
本資料の転載・複写の問い合わせは  
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地  
企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675