

土 木 研 究 所 資 料

三春ダム常用洪水吐き放流音対策検討報告書

平成15年 2 月

独 立 行 政 法 人 土 木 研 究 所
水工研究グループダム水理チーム

Copyright©(2003) by P.W.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

三春ダム常用洪水吐き放流音対策検討報告書

水工研究グループダム水理チーム 主任研究員 小野 雅人
上席研究員 柏井 条介

要 旨

三春ダムは、平成 10 年に阿武隈川右支川大滝根川に完成した多目的の重力式コンクリートダムであるが、常用洪水吐きからの放流時に、ダム周辺地域において低周波音による窓ガラス等の建具類のガタツキの発生が報告されている。常用洪水吐きは出水時における洪水調節の他、貯水位低下放流設備としての用途もあり、その使用頻度は比較的高いことから、早急な低周波音低減対策が求められている。

本報告書は、これまでに実施した現地観測結果から、常用洪水吐きの放流音特性を明らかにするとともに、音源と考えられる放流水脈の突入地点を中心とした水脈制御等による低周波音低減対策についてとりまとめたものである。

キーワード：現地観測，常用洪水吐き，低周波音，音の相似則，水脈制御，デフレクタ

目 次

1. はじめに	1
2. 検討概要	9
2.1 検討手順	9
2.2 模型概要	9
2.2.1 TYPE-A 模型	9
2.2.2 TYPE-B 模型	10
2.3 測定方法	15
2.3.1 音の測定	15
2.3.2 水理量の測定	15
3. 現地観測結果の概要	17
3.1 現地観測の概要	17
3.2 音響パワーレベル	18
3.3 音源のパワースペクトル	20
4. 三次元模型における相似則の検証	21
4.1 検証実験の概要	21
4.2 流入エネルギーの音のエネルギーへの変換率	22
4.3 音源のパワースペクトルと音の相似則	23
5. 低周波音低減対策の検討	25
5.1 基本方針	25
5.2 基本検討	25
5.2.1 検討ケース	25
5.2.2 検討結果	27
5.2.2.1 デフレクタ案	27
5.2.2.2 フタ案	29
5.2.2.3 併用案	31
5.2.2.4 基本検討における評価	33
5.3 デフレクタ形状の詳細検討	34
5.3.1 検討ケース	34
5.3.2 検討結果	36
5.3.2.1 デフレクタ長の変化させた場合	36
5.3.2.2 減勢池への流入角度の変化させた場合	38
5.4 総合評価	40

6. 洪水時の減勢に及ぼす影響の検証	42
7. 減勢池周辺での低周波音低減効果の検証	48
8. まとめ	69
9. おわりに	70
参考文献	71

付表

付図

図 リ ス ト

図-1.1	三春ダム位置及び流域概要図	4
図-1.2	三春ダム一般概要	5
図-1.3	三春ダム平面図	6
図-1.4	三春ダム標準断面図	7
図-1.5	三春ダム上下流面図	8
図-2.1	TYPE-A 模型概要図（平面図）	11
図-2.2	TYPE-A 模型概要図（縦断面図）	12
図-2.3	TYPE-B 模型概要図	13
図-3.1	コンジット放流時における観測地点の音圧レベル	18
図-3.2	コンジットの音響パワーレベル	19
図-3.3	コンジット放流音の 1/3 オクターブ分析結果（観測日① A 地点）	20
図-4.1	フルード数 Fr と変換率 α の関係	22
図-4.2	放流音のパワースペクトル（二次元模型）	24
図-4.3	放流音のパワースペクトル（三次元模型）	24
図-5.1	基本検討形状のイメージ	26
図-5.2	低周波音低減対策検討における放流音測定位置	26
図-5.3	デフレクタ案のパワースペクトル	27
図-5.4	フタ案のパワースペクトル	29
図-5.5	併用案のパワースペクトル	31
図-5.6	基本検討で得られたデフレクタ形状	33
図-5.7	デフレクタ長の変化による検討形状	35
図-5.8	減勢池への流入角度の変化による検討形状	35
図-5.9	デフレクタ長の変化による検討ケースのパワースペクトル	36
図-5.10	減勢池への流入角度の変化による検討ケースのパワースペクトル	38
図-5.11	詳細検討で得られたデフレクタ形状	40
図-5.12	デフレクタ設置前後における流況及び流速分布の比較	41
図-6.1	対策工の有無による減勢工内水面形の比較 ($Q=2,200\text{m}^3/\text{s}$)	45
図-6.2	対策工の有無による減勢工内水面形の比較 ($Q=700\text{m}^3/\text{s}$)	46
図-6.3	対策工の有無による減勢工内流速分布の比較	47
図-7.1	低減対策検証時における測定位置（平面図）	50
図-7.2	低減対策検証時における測定位置（縦断面図）	50
図-7.3	低減対策検証時における測定位置（断面図）	51

図-7.4	各測点における音圧レベル（放流量 $100\text{m}^3/\text{s}$ ）	52
図-7.5	フルード数 Fr と変換率 α の関係	52
図-7.6(1)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=100\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 1～10〕	53
図-7.6(2)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=100\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 11～20〕	54
図-7.6(3)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=100\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 21～30〕	55
図-7.7(1)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=80\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 1～10〕	56
図-7.7(2)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=80\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 11～20〕	57
図-7.7(3)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=80\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 21～30〕	58
図-7.8(1)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=60\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 1～10〕	59
図-7.8(2)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=60\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 11～20〕	60
図-7.8(3)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=60\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 21～30〕	61
図-7.9(1)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=40\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 1～10〕	62
図-7.9(2)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=40\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 11～20〕	63
図-7.9(3)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=40\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 21～30〕	64
図-7.10(1)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=20\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 1～10〕	65
図-7.10(2)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=20\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 11～20〕	66
図-7.10(3)	低減対策前後におけるパワースペクトルの比較（ $Q=20\text{m}^3/\text{s}$ ）〔測点 21～30〕	67
図-7.11	ダム周辺地域への放流音伝搬予測結果	68

表 リ ス ト

表-1.1	三春ダム及び貯水池諸元	3
表-2.1	基本量の縮率	16
表-3.1	三春ダム放流音現地観測の概要	17
表-4.1	相似則の検証実験条件	21
表-5.1	基本検討ケース一覧	26
表-5.2	詳細検討ケース一覧	34
表-6.1	対策工による洪水時の影響検証ケース一覧	42

写 真 リ ス ト

写真-1.1	三春ダム全景	2
写真-2.1	TYPE-A 模型	14
写真-2.2	TYPE-A 模型遮音材設置状況（外部）	14
写真-2.3	TYPE-A 模型吸音材設置状況（内部）	14
写真-2.4	低周波レベル計	15
写真-3.1	放流音の測定状況（A 地点：放流量約 $70\text{m}^3/\text{s}$ ）	17
写真-5.1	デフレクタ案における威勢池内の流況	28
写真-5.2	フタ案における威勢池内の流況	30
写真-5.3	併用案における威勢池内の流況	32
写真-5.4	デフレクタ長の変化による検討ケースの減勢池内の流況	37
写真-5.5	減勢池への流入角度の変化による検討ケースの減勢池内の流況	39
写真-6.1	対策工の有無による減勢工内流況の比較（ $Q=2,200\text{m}^3/\text{s}$ ）	43
写真-6.2	対策工の有無による減勢工内流況の比較（ $Q=700\text{m}^3/\text{s}$ ）	44

1. はじめに

三春ダムは、阿武隈川治水計画の一環として、平成 10 年に阿武隈川右支川大滝根川に完成した、洪水調節、流水の正常な機能の維持、都市用水やかんがい用水の供給などを目的とした多目的の重力式コンクリートダムである（写真-1.1, 表-1.1, 図-1.1～1.5 参照）。

目的の一つである洪水調節については、大滝根川の計画高水流量 $700\text{m}^3/\text{s}$ を $100\text{m}^3/\text{s}$ に調節し、下流の洪水被害を軽減するものであり、そのための放流設備として、幅 3m × 高さ 3.2m の常用洪水吐き（以下、コンジット）1 条を有している。コンジットは、出水時における洪水調節の他、必要に応じて、非洪水期から洪水期に向けた貯水位低下放流設備としての用途もあり、その使用頻度は比較的高い。

一方、三春ダム周辺地域では、コンジットからの放流時において、窓ガラス等の建具類のガタツキの発生が報告されている。窓ガラス等の建具類の固有振動数は、ダム放流音をもつ低周波帯の範囲に入るものが多い^{1),2)}ことから、これらガタツキの発生はダム放流音により共振したことが要因であると考えられる。コンジットはその用途上使用頻度が比較的高いため、早急な低周波音低減対策が求められている。

本報告書は、これまでに実施した現地観測結果から、コンジットの放流音特性を明らかにするとともに、音源と考えられる放流水脈の突入地点を中心とした水脈制御等による低周波音低減対策について、平成 12 年度～平成 14 年度の 3 箇年に実施した検討結果をとりまとめたものである。

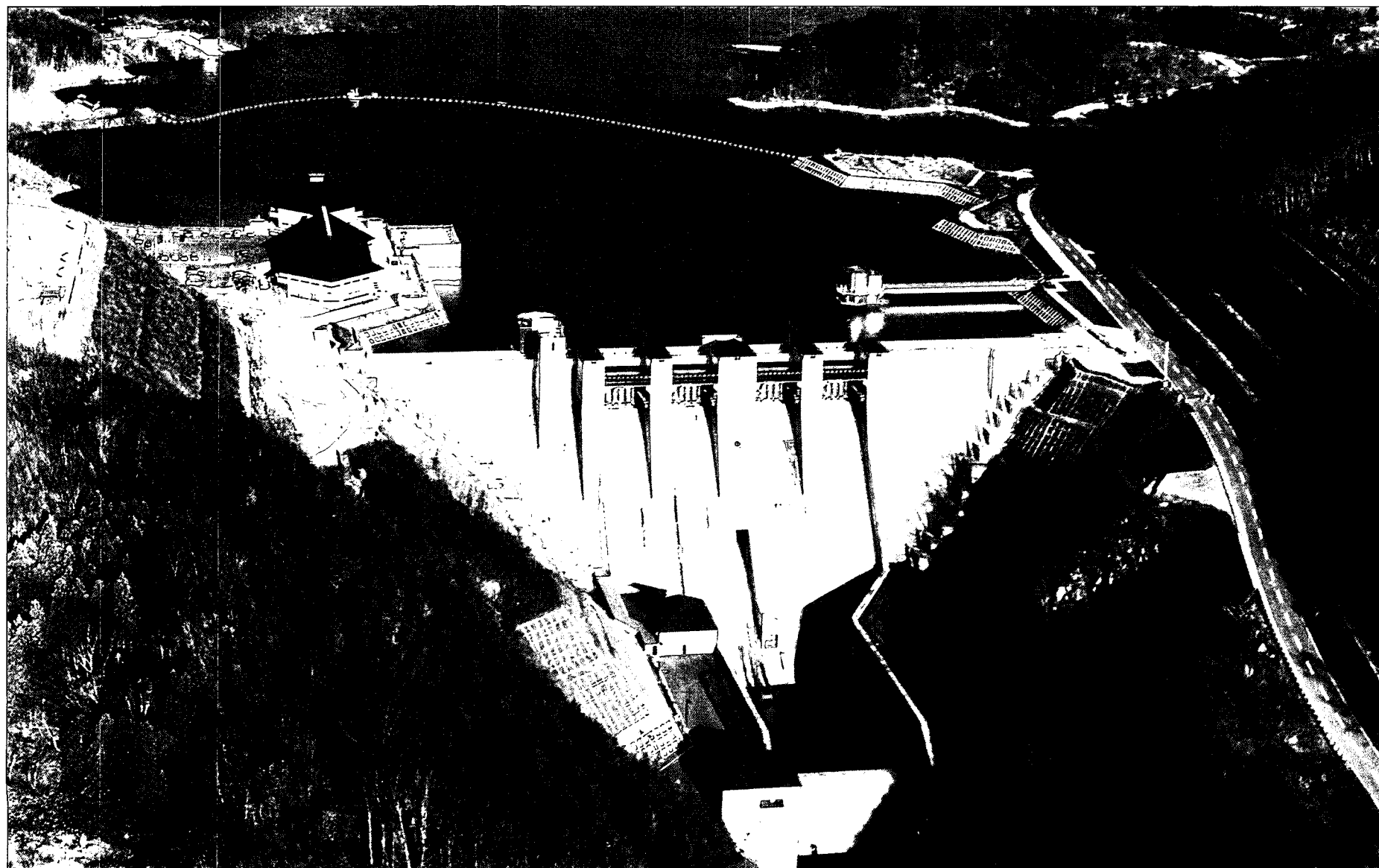


写真-1.1 三春ダム全景

表-1.1 三春ダム及び貯水池諸元

貯 水 池			
流 域 面 積	226.4km ²	総 貯 水 容 量	42,800,000m ³
湛 水 面 積	2.9km ²	有 効 貯 水 容 量	36,000,000m ³
湛 水 延 長	4.3km	堆 砂 容 量	6,800,000m ³
サーチャージ水位	EL.333.00m	洪水調節容量	28,000,000m ³
常 時 満 水 位	EL.326.00m	サーチャージ容量	16,200,000m ³
制 限 水 位	EL.318.00m	非洪水期利水容量	19,800,000m ³
最低水位(計画堆砂位)	EL.308.80m	洪水期利水容量	8,000,000m ³
設 計 洪 水 位	EL.334.00m	不 特 定 容 量	600,000m ³
洪水調節水深	15.00m	かんがい容量	3,700,000m ³
		上水道容量	3,650,000m ³
		工業用水道容量	50,000m ³
ダ ム			
型 式	重力式コンクリートダム	堤 体 勾 配	上流面 1 : 0.00 下流面 1 : 0.80
堤 頂 標 高	EL.336.00m		
堤 高	65.00m	放 流 設 備	コンジットゲート 幅 3.0m×高さ3.2m 1門 クレストゲート 幅10.5m×高さ8.0m 4門
堤 頂 長	174.00m		
堤 頂 幅	9.00m		
堤 体 積	195,000m ³		
目 的			
洪水調節	計 画 高 水 流 量	700m ³ /s	
	計 画 放 流 量	100m ³ /s	
	調 節 流 量	600m ³ /s	
	ダム設計洪水流量	2,200m ³ /s	
不 特 定 用 水	最 大 取 水 量	0.390m ³ /s	
かんがい用水	最 大 取 水 量	2.589m ³ /s	
都 市 用 水	最 大 取 水 量	水 道	107,200m ³ /day
		工 水	2,100m ³ /day
管 理 用 発 電	型式：横軸クロスフロー水車	右 岸	Qmax=3.0m ³ /s Pmax= 944KW
		左 岸	Qmax=3.0m ³ /s Pmax=1,046KW

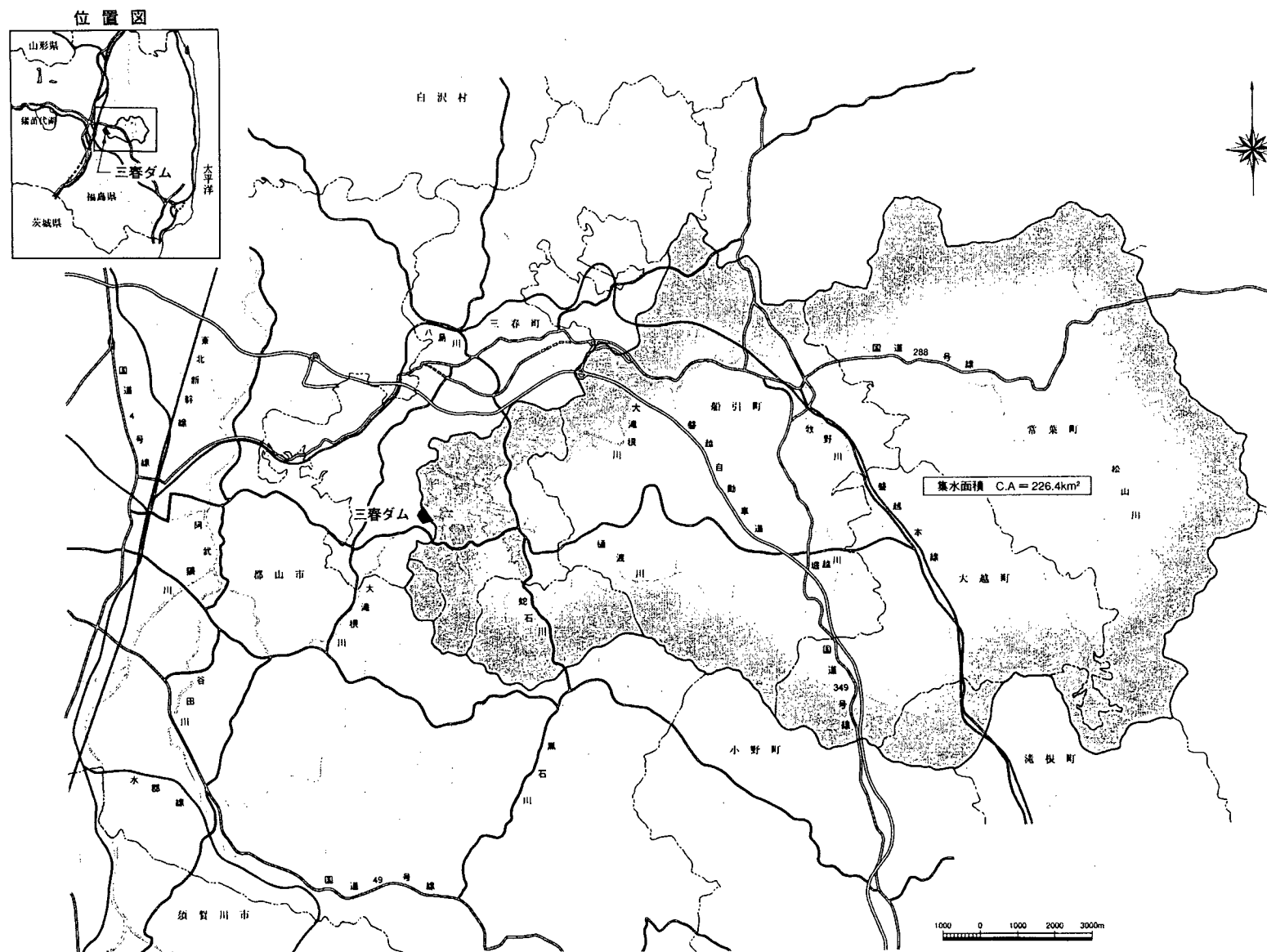
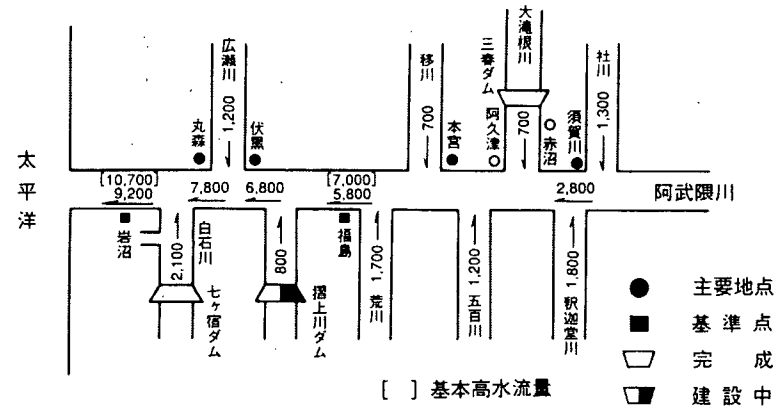
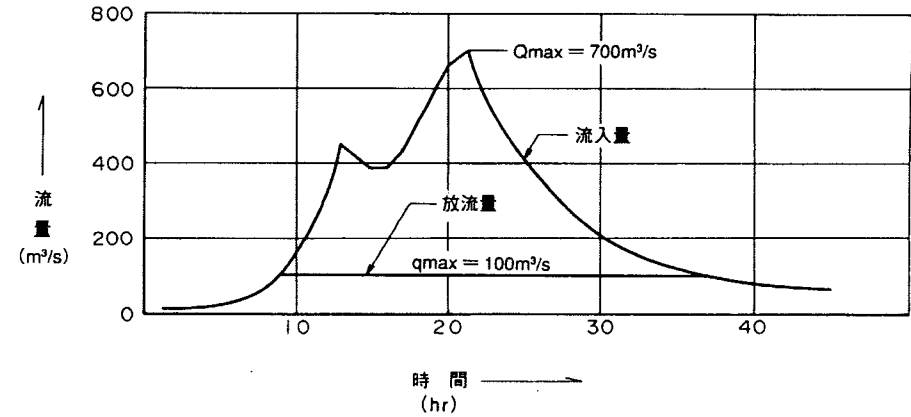


図-1.1 三春ダム位置及び流域概要図

阿武隈川計画高水流量配分図



洪水調節図 一定量方式



貯水池容量曲線図

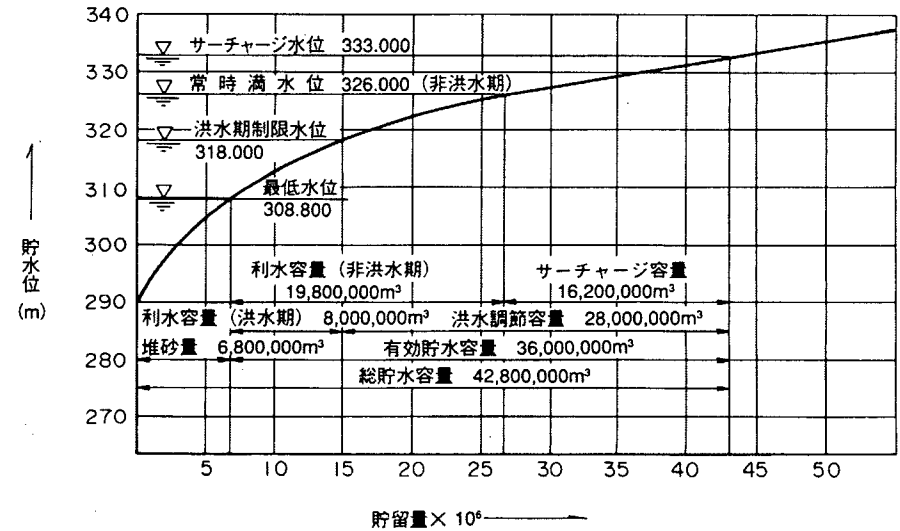
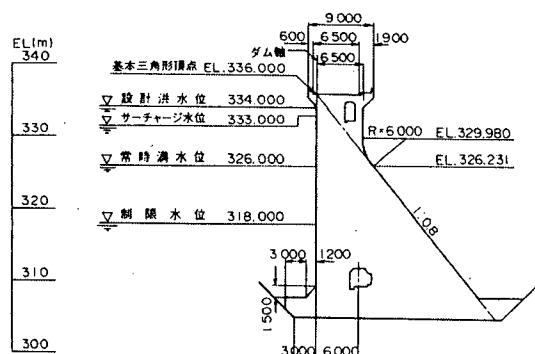


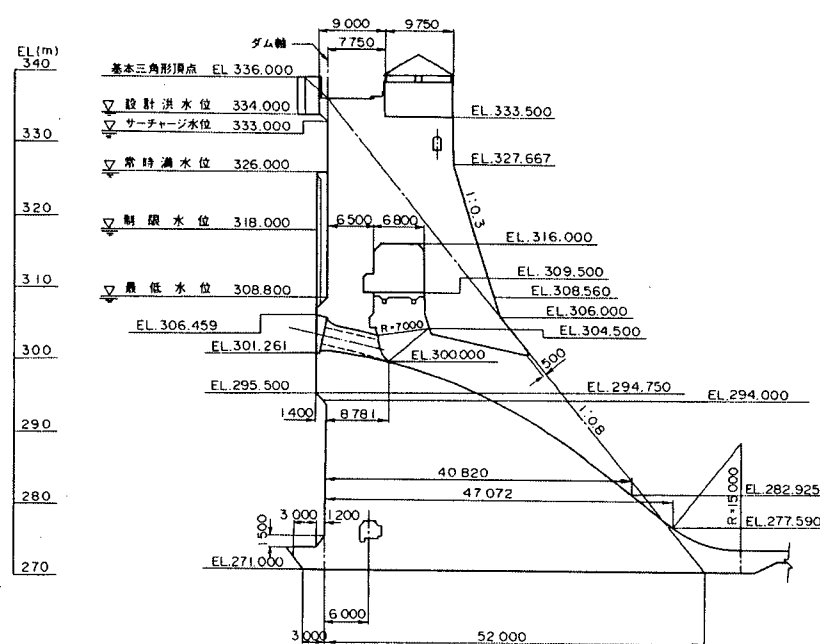
図-1.2 三春ダム一般概要

図-1.3 三春ダム平面図

非越流部



常用洪水吐部



非常用洪水吐部

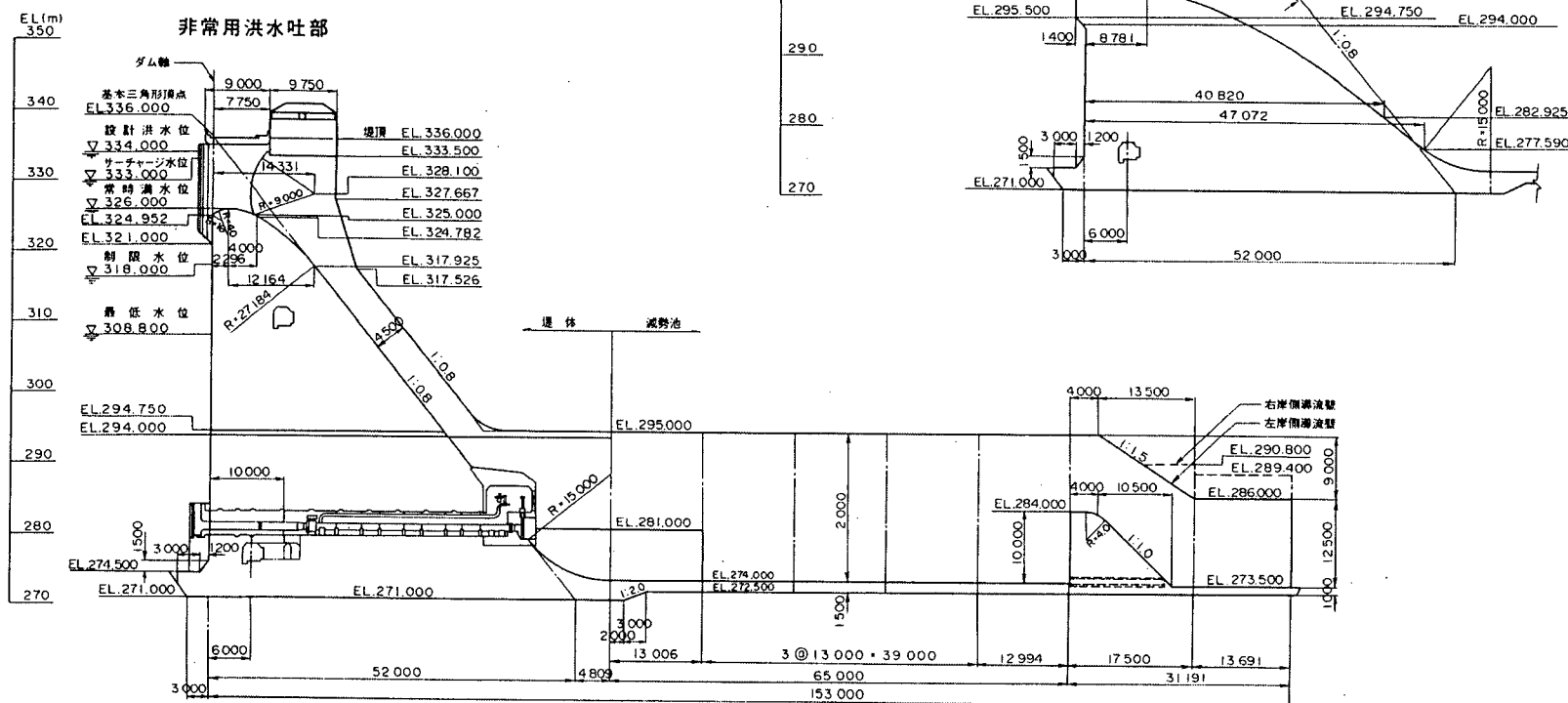
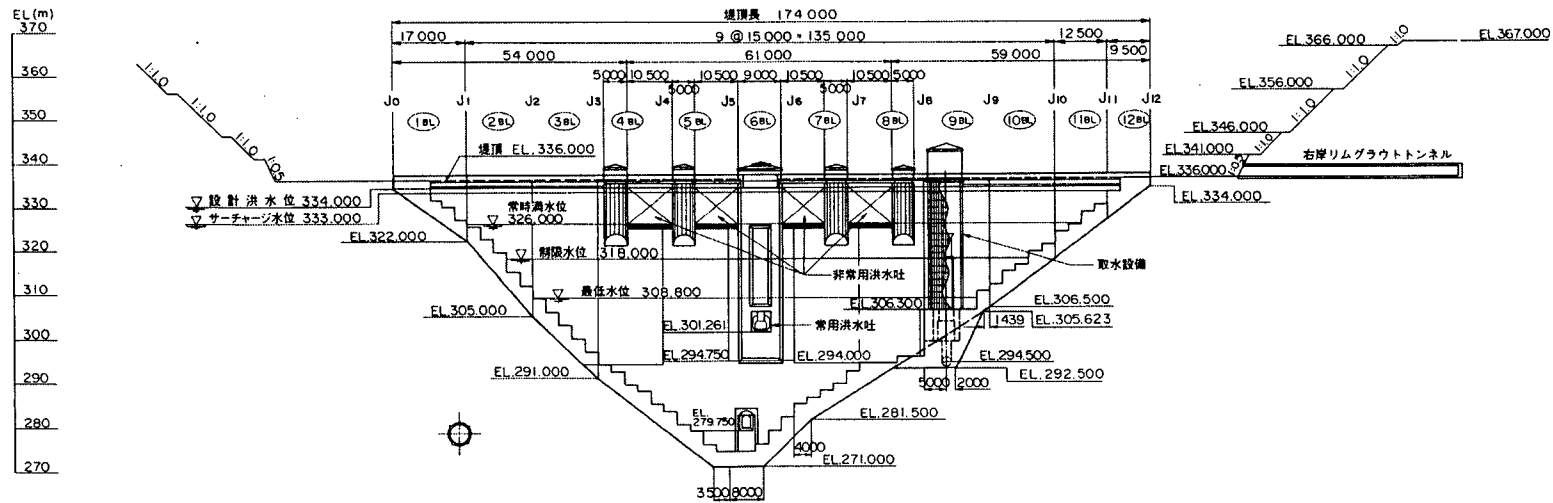


図-1.4 三春ダム標準断面図

上流面図



下流面図

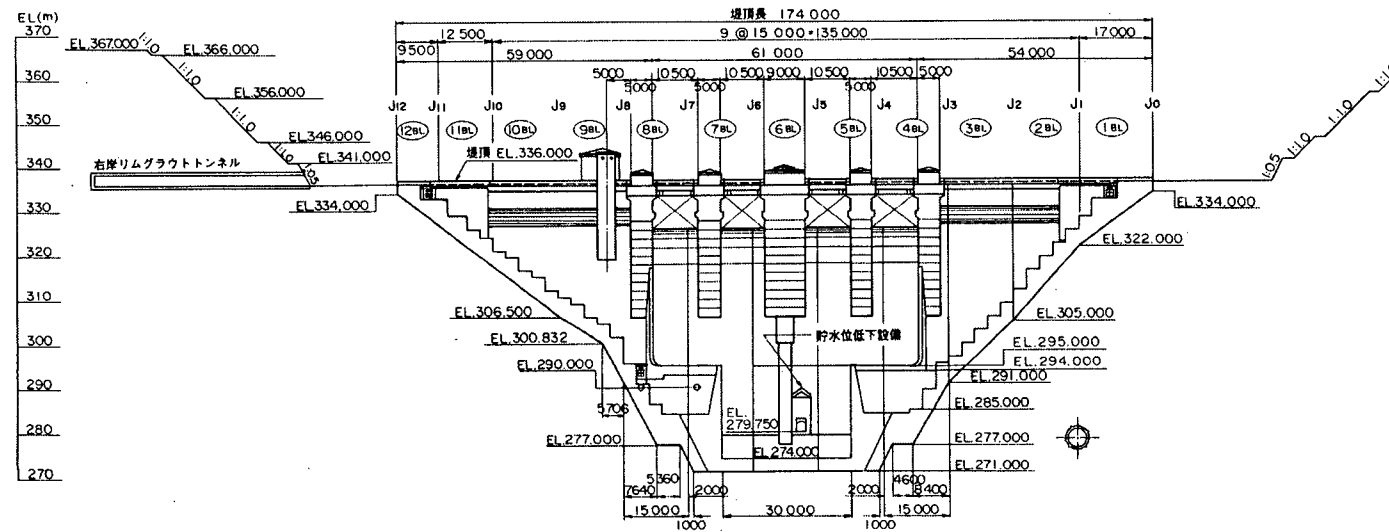


図-1.5 三春ダム上下流面図

2. 検討概要

2.1 検討手順

コンジット放流時における低周波音低減対策について、以下の手順で検討を行った。検討内容の詳細は後述する。

(1) 模型における相似性の検証

放流音に関する詳細な検討を行うため、堤体下流面及び減勢工の他、周辺地形も再現した三次元模型を製作するとともに、模型上の放流音特性について現地観測結果との比較を行い、模型における相似性の検証を行った。

(2) 低周波音低減対策の検討

低周波音の防音は一般的に困難であるため、主として音源と考えられる放流水脈の突入地点を中心とした水脈制御による検討を行い、低周波音低減効果の高い対策工形状を求めた。

(3) 洪水時の減勢に及ぼす影響の検証

得られた対策工に対し、別途製作した洪水吐き模型により、対策工が非常用洪水吐きからの流れに及ぼす影響の有無について検証を行った。

(4) 減勢池周辺での低周波音低減効果の検証

減勢池周辺域において、対策工の有無による放流音特性の比較を行い、低周波音低減効果の検証を行った。

なお、本報告書において低周波音低減対策の検討対象としているのは、コンジットからの単独放流のみの場合である。これは、先に述べたように、三春ダムでは使用頻度が比較的高いコンジットに対する早急な低周波音低減対策が求められているためであり、非常用洪水吐きからの放流については、頻度が極めて低いことや放流量が大きく対策を講じることが困難であると考えられることから検討対象から外している。

2.2 模型概要

本検討で使用した模型は二種類ある。一つは放流音に関する詳細な検討を行うため洪水吐き以外に周辺地形も再現した縮尺 1/25 の模型（以下、TYPE-A 模型）であり、もう一つは検討した対策工の洪水時の減勢に及ぼす影響を検証するために製作した縮尺 1/50 の洪水吐き模型（以下、TYPE-B 模型）である。上記のうち、放流音に関する検討(1),(2),(4)については TYPE-A 模型を、洪水時の減勢に関する検討(3)については TYPE-B 模型を用いている。

2.2.1 TYPE-A 模型

通常の水利模型実験では、適切な洪水吐き形状を求めるという目的から、堤体下流面及び検討対象となる洪水吐きの主として流水に接する部分の模型を製作する。しかしながら、本検討では、低周波音低減対策など放流音に関する詳細な検討を行うため、通常の水利模型実験で製作する範囲に加えて

周辺地形も再現することとした。模型縮尺は求められるデータの精度や施設規模等を勘案して 1/25 とした。

また、放流音を精度良く測定する観点から、TYPE-A の模型製作に際しては下記(1)～(3)の工夫を行った。

(1) 跳水等による模型の振動を抑制するため、減勢工床版は鋼板とし実験施設床面に固定した。

(2) 周辺地形は実際の地山の吸音効果が高いことを考慮し、発泡スチロール（発泡度合い 35 %）とした。

(3) 模型の周囲には、外部からの雑音（特にポンプ音）を遮断するために遮音材を設置するとともに、模型内部では放流音の乱反射を防ぐために吸音材を設置した。遮音材は低周波帯から高周波帯まで十分な遮音効果が得られる遮音パネルを用い、そのパネルの内側に吸音可能な周波数範囲が広い多孔質材料であるグラスウール（厚さ 50mm）を貼り付ける構造とした。

TYPE-A 模型の概要は図-2.1,2.2 及び写真-2.1 に示すとおりであり、上下流方向にダム軸から約 200m 下流までの区間をダム天端標高（EL.336.0m）まで再現し、ダム天端標高以上については上記で述べたように遮音パネル等を施設天井付近（ダム天端から高さ約 2.5m）まで設置した（写真-2.2,2.3 参照）。なお、放流設備は検討対象であるコンジットのみであり、施設規模等の関係から非常用洪水吐きは再現していない。

2.2.2 TYPE-B 模型

上記で述べたように、TYPE-A 模型では施設規模等の関係から非常用洪水吐きは再現していない。そのため、TYPE-A 模型で検討した対策工の洪水時の減勢に及ぼす影響を検証する目的で製作した模型が TYPE-B 模型である。

TYPE-B 模型の概要は図-2.3 に示すとおりであり、非常用洪水吐き、コンジット及び減勢工を再現した。模型縮尺は求められるデータの精度や施設規模等を勘案し 1/50 とした。

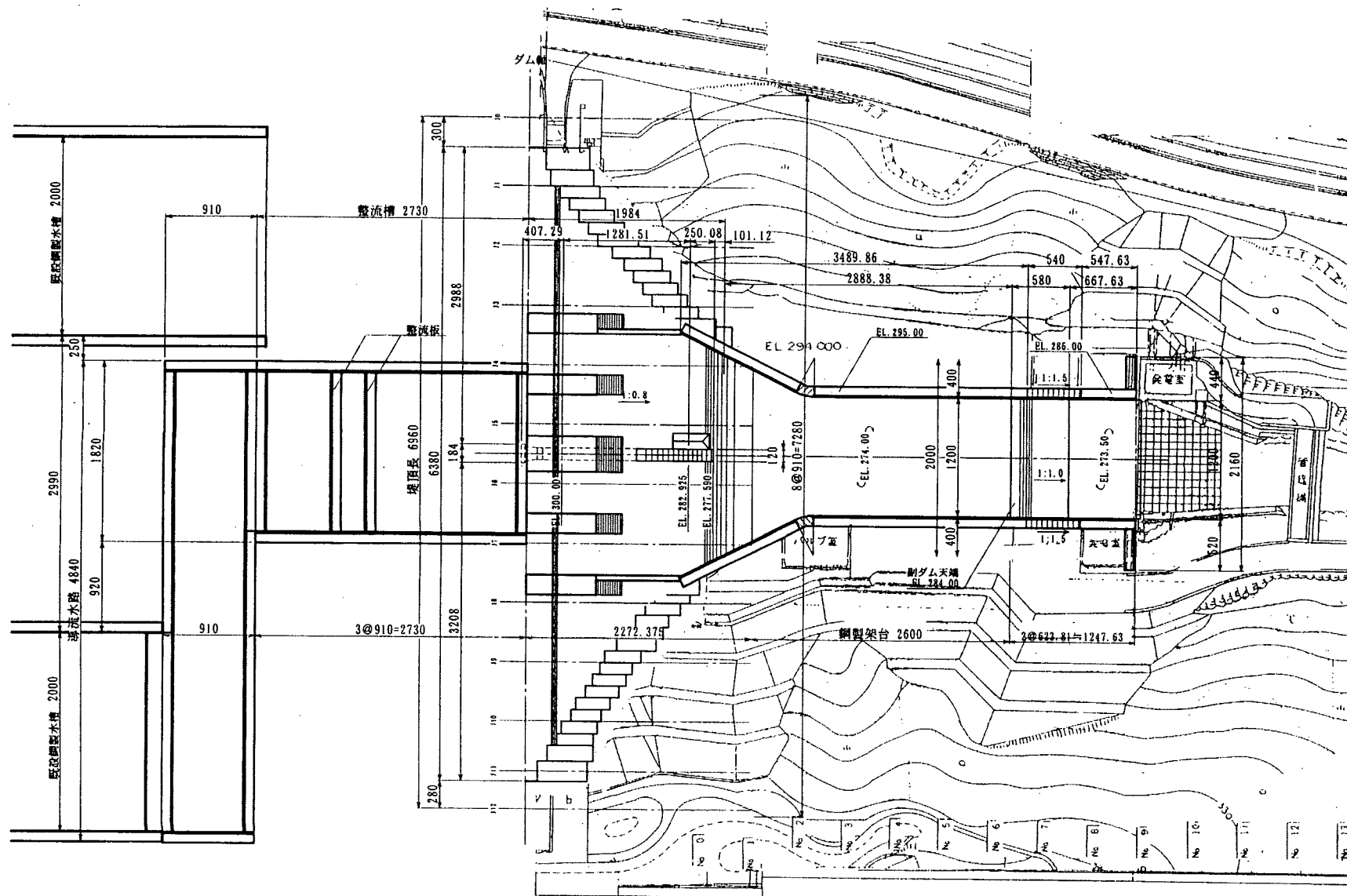


図-2.1 TYPE-A 模型概要図 (平面図)

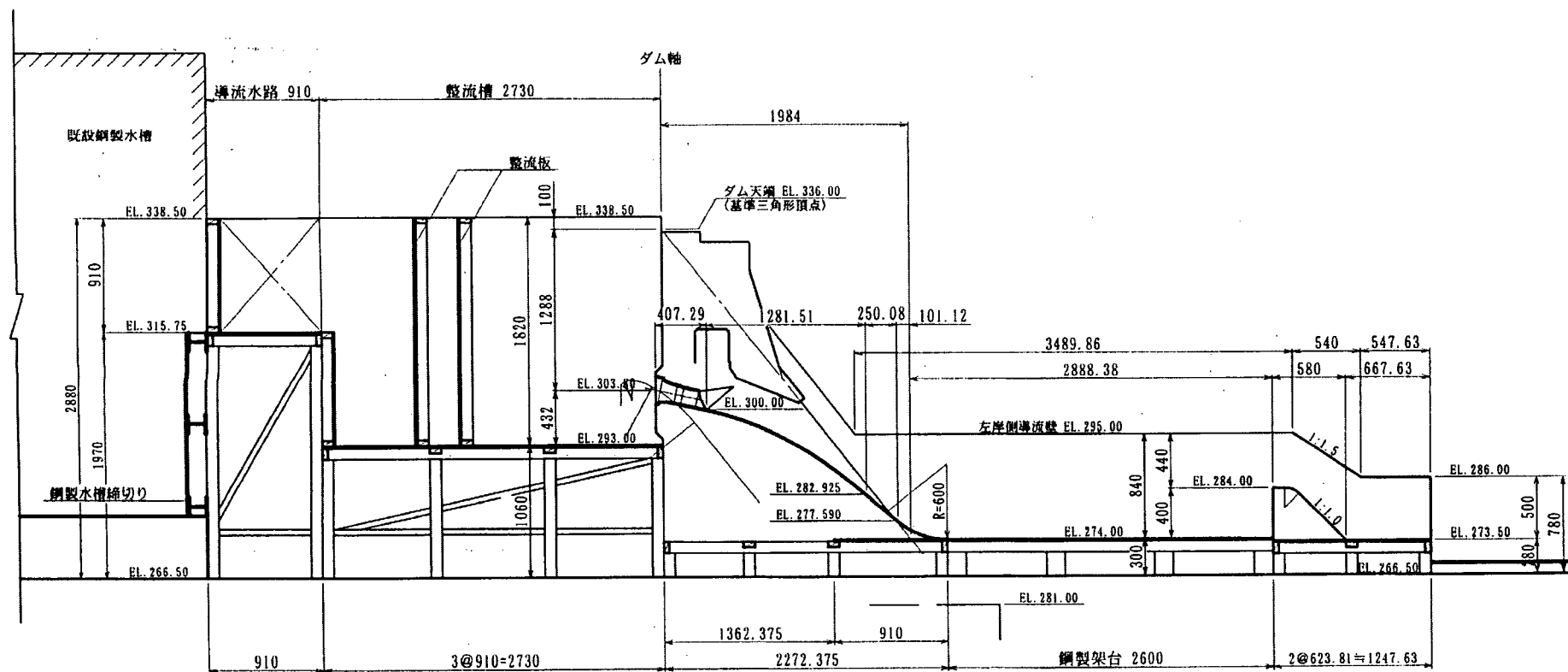


図-2.2 TYPE-A 模型概要図（縦断図）

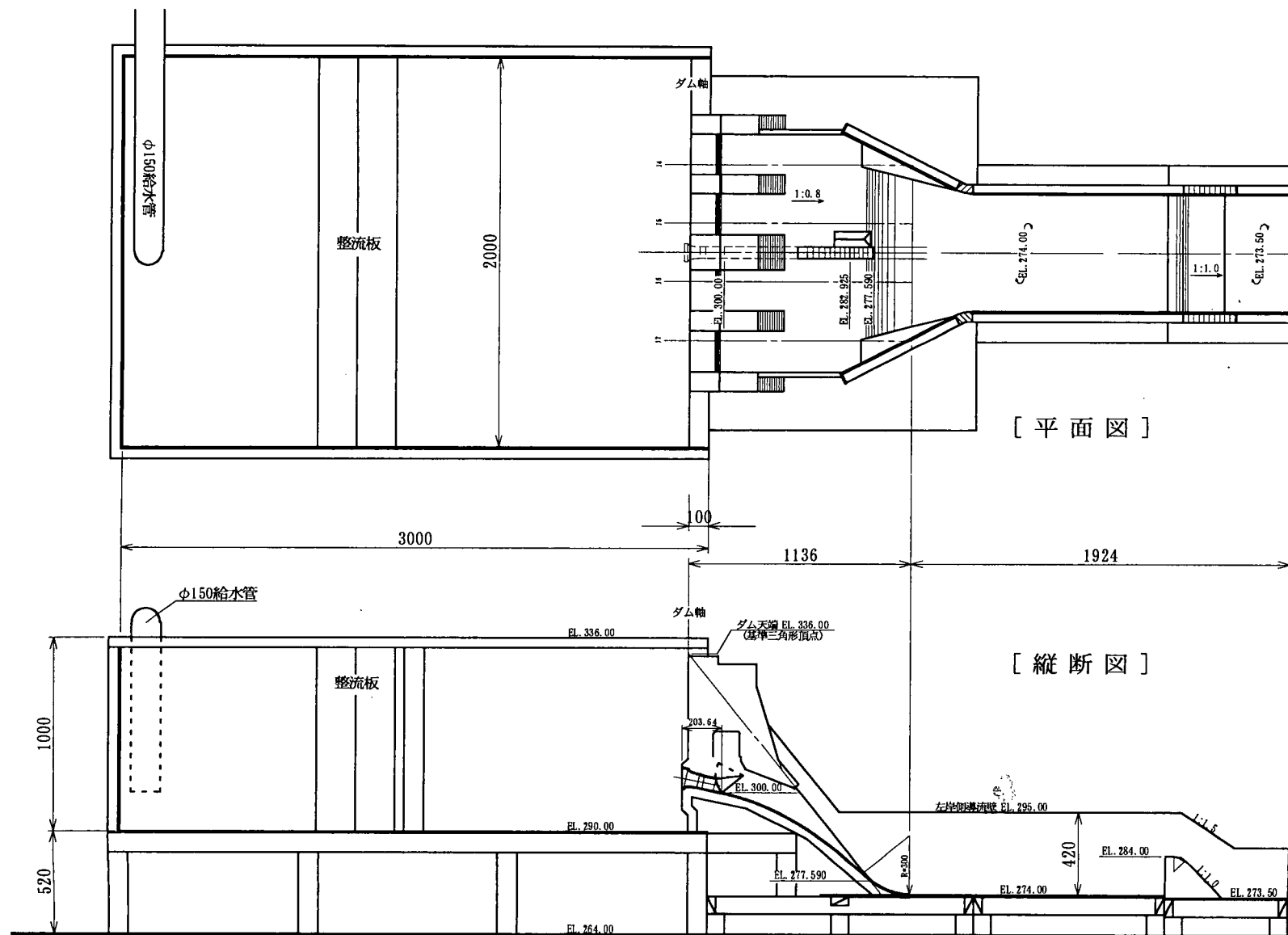


図-2.3 TYPE-B 模型概要図

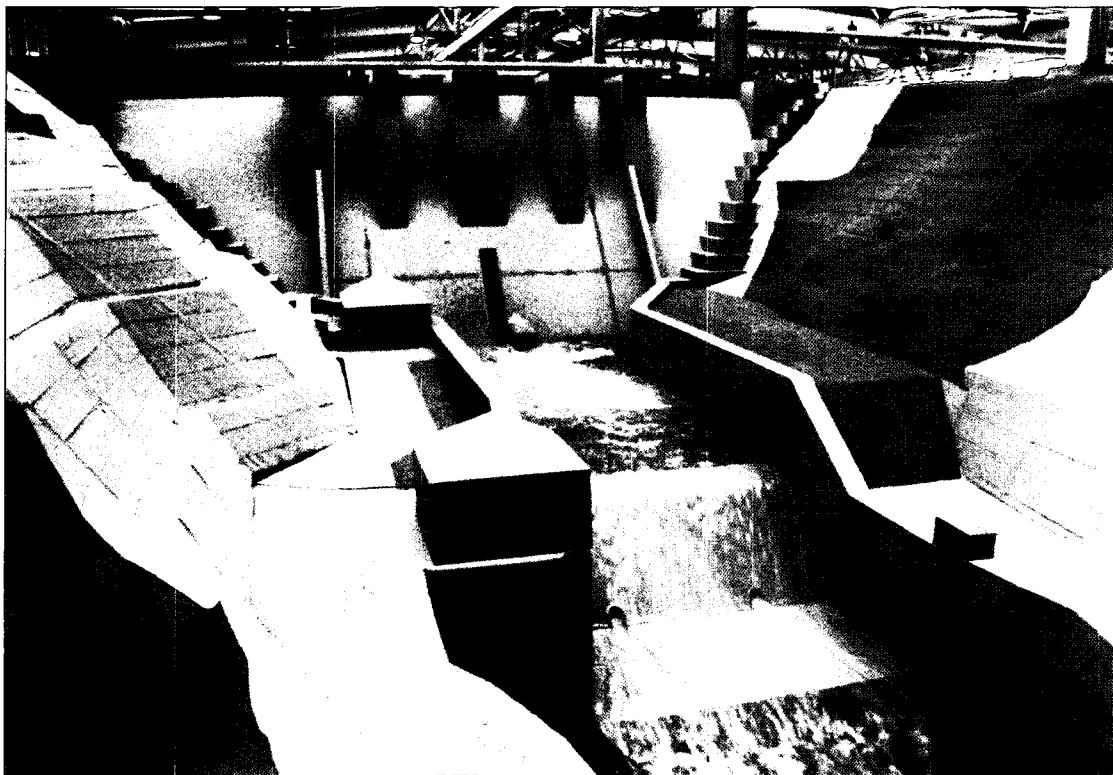


写真-2.1 TYPE-A 模型

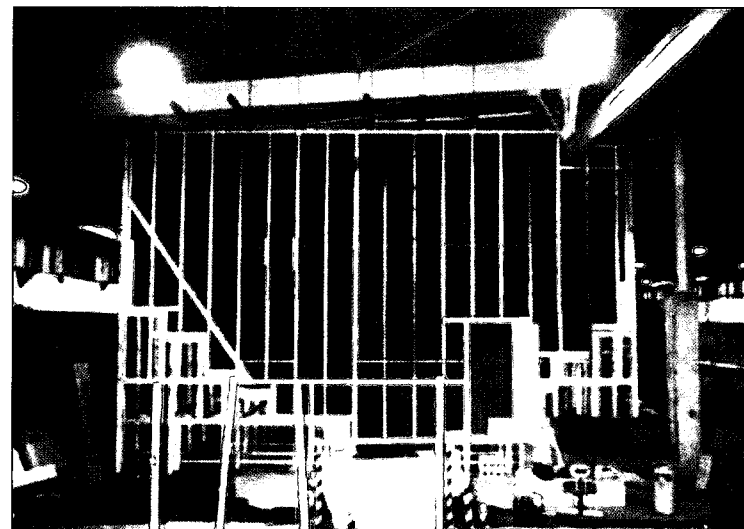


写真-2.2 TYPE-A 模型遮音材設置状況（外部）

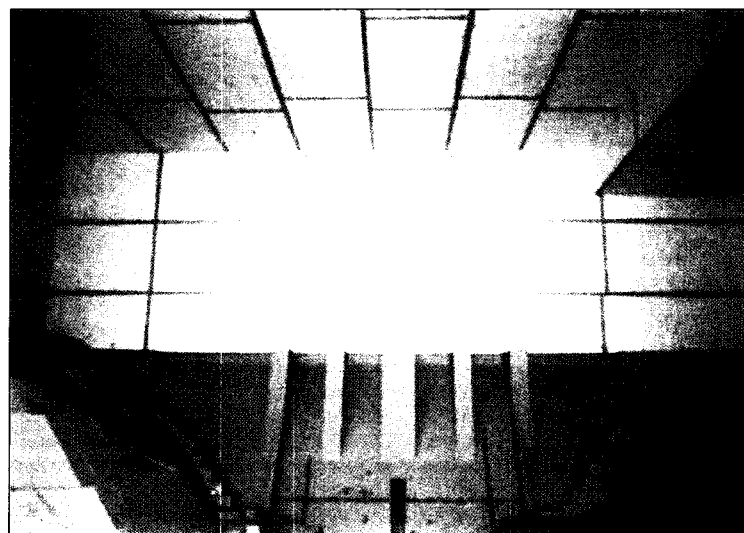


写真-2.3 TYPE-A 模型吸音材設置状況（内部）

2.3 測定方法

2.3.1 音の測定

音の測定には 1~1,000Hz の間で歪みのない測定が可能な低周波音レベル計（リオン製 NA-17：写真-2.4 参照）を用いた。

2.3.2 水理量の測定

コンジット等、ダムからの流れは重力の影響が卓越していると考えられるため、原型と模型との相似関係はフルードの相似則に従うものとした。基本量の縮率を表-2.1 に示す。

また、水理量の測定方法は以下のとおりである。

(1) 流量

電磁流量計の値を直読して原型値に換算した。

(2) 水位

上流水槽の水位を 1/10mm 読みポイントゲージで読みとり原型値に換算した。

(3) 水面形

減勢工内の水面形を 1mm 読みレベルで読みとり原型値に換算した。

(4) 流速

減勢工内の流速をプロペラ式流速計で計測し原型値に換算した。

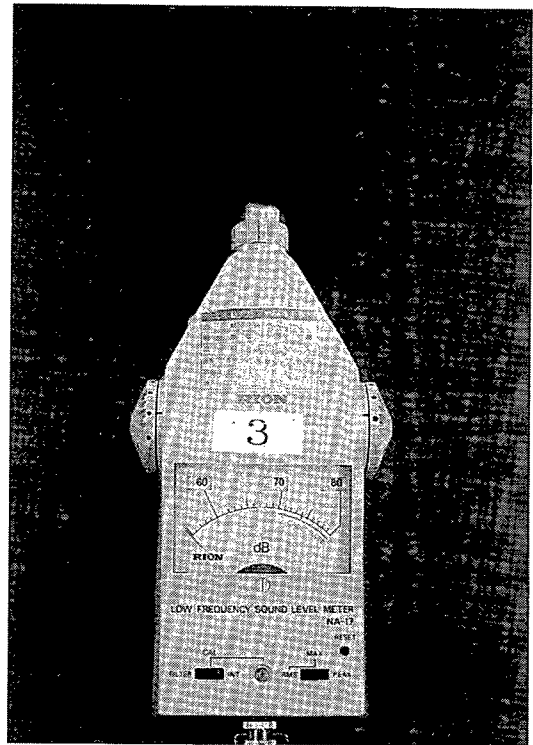


写真-2.4 低周波音レベル計

なお、所定の貯水位に対するコンジット及び越流部の放流量については、過去の水理模型実験で得られた放流機能式を参考に設定した。以下に各々の放流機能式を示す。

・コンジット

$$Q = CA\sqrt{2gH}$$

$$C = \alpha\sqrt{1 - G/H}$$

$$\alpha = 0.20533528G - 0.00593244G^3 + 0.00081306G^5$$

} (1)

ここに、 Q ：コンジットの放流量(m^3/s)、 C ：流量係数、 A ：吐口の断面積($=9.312\text{m}^2$)、 H ：任意の貯水位とゲート戸当たり標高との差(m)、 G ：ゲート戸当たりから管軸に対する鉛直開度高(m)である。

・越流部

$$Q = NCBH^{3/2} \quad (\text{ゲート全開時})$$

$$C = -0.003475 H^2 + 0.06976 H + 1.73665 \quad (\text{中央径間})$$

$$C = -0.002826 H^2 + 0.05717 H + 1.8364 \quad (\text{両側径間})$$

$$Q = NCB\{H_1^{3/2} - (H_1 - G)^{3/2}\} \quad (\text{ゲート半開時})$$

$$C = 0.002364 G^3 - 0.01499 G^2 + 0.100195 G + 1.5266 \quad (\text{中央径間})$$

$$C = -0.00048 G^3 + 0.011592 G^2 + 0.028858 G + 1.5862 \quad (\text{両側径間})$$

(2)

ここに、 Q ：越流頂の放流量 (m^3/s)、 N ：ゲート径間数、 C ：流量係数、 B ：ゲート 1 間の径間幅 ($=10.50\text{m}$)、 H ：越流頂から任意の貯水位までの貯水頭 (m)、 H_1 ：ゲート戸当たり標高から任意の貯水位までの貯水頭 (m)、 G ：ゲート戸当たり標高からゲートスキンプレート最下端までの鉛直開度高 (m) である。

表-2.1 基本量の縮率

基本量	次元	縮率	模型：原型	
			TYPE-A	TYPE-B
長さ・水深	L	K	1 : 25	1 : 50
時間	T	$K^{1/2}$	1 : 5	1 : 7.071
流速	$L \cdot T^{-1}$	$K^{1/2}$	1 : 5	1 : 7.071
流量	$L^3 \cdot T^{-1}$	$K^{5/2}$	1 : 3,125	1 : 17,678

3. 現地観測結果の概要

3.1 現地観測の概要

コンジット放流時における低周波音の発生状況ならびに低減対策の検討資料を得るため、平成 11 年度及び平成 12 年度に現地観測を実施した。ここでは、以下の検討に先立ち、既往の観測結果についてとりまとめを行う。現地観測の概要を表-3.1 に示す。これらは、洪水期に向けた貯水位低下のための放流を利用して実施したものである。平成 11 年度の観測において 1 号バルブからの放流が行われていた他は、3 回の現地観測ともほぼ同じ放流条件であった。

観測地点は、跳水始端からほぼ真横に相当する減勢工右岸側壁上の A 地点及び A 地点より約 18.8m 下流側に配置した B 地点の 2 地点（図-3.1 参照）であるが、ダムの規模を考えれば定点観測とみなせる。観測を 2 地点で実施したのは、測定機器等の不調に備えたためである。参考として、放流音の測定状況を写真-3.1 に示す。

表-3.1 三春ダム放流音現地観測の概要

観測日	放流量				貯水位
	コンジット	1 号バルブ	発電	合計	
① H11.6.3	約 3～75m ³ /s	常時約 22m ³ /s	常時約 3m ³ /s	約 27～100 m ³ /s	EL.324.0m
② H12.5.29	約 6～96m ³ /s	——	常時約 3m ³ /s	約 10～99 m ³ /s	EL.325.5m
③ H12.6.2	約 8～97m ³ /s	——	常時約 3m ³ /s	約 11～100 m ³ /s	EL.322.4m

1. 四捨五入の関係で合計放流量が合わないことがある。
2. 貯水位は観測開始時点の水位である。
3. 観測は右岸減勢工側壁上で実施した(定点観測)。

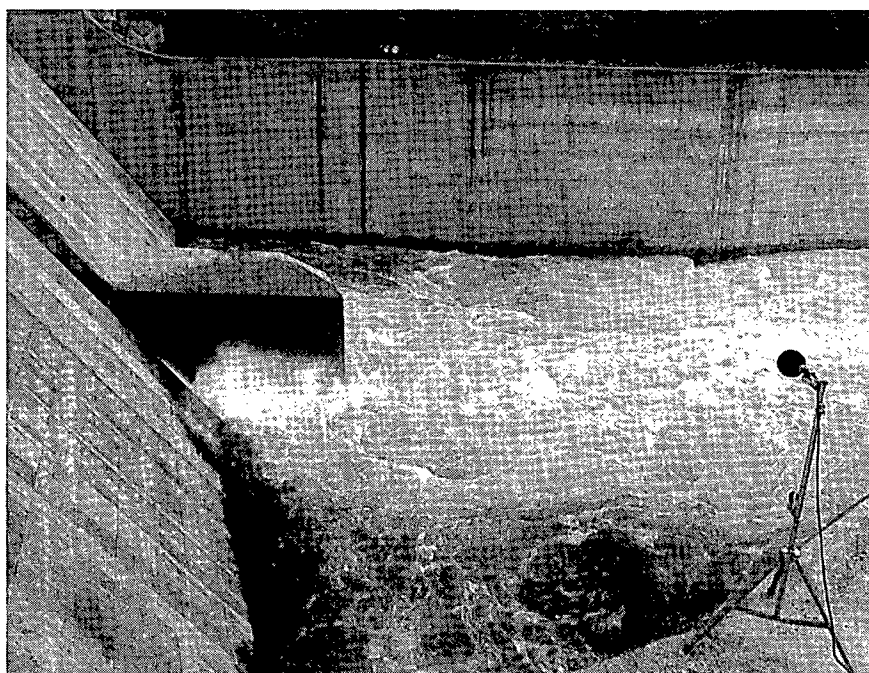


写真-3.1 放流音の測定状況（A 地点：放流量約 70m³/s）

3.2 音響パワーレベル

観測地点で測定された音圧レベルを図-3.1 に示す。観測日①のデータについては、バルブからの放流音の影響が大きいと考えられたため、コンジットからの放流量がゼロの状態（1号バルブ及び発電設備からの放流のみ）を暗騒音として、暗騒音の補正を行っている。観測日②,③については、同様に暗騒音の測定は行ったが、暗騒音の影響は無視できるレベルであったため、特に暗騒音の補正は行っていない。

まず、現地観測結果についてデータの検証を行う。図より、観測日① A,B 両地点及び観測日② A 地点の音圧レベルに大きなバラツキが生じている。これまでのダム放流音に関する検討結果から、音響出力（音源から単位時間に放出される音の全エネルギー。なお、音響パワーレベルは音響出力を対数尺度で表示したもの）は流入エネルギーに概ね比例することが明らかになっている³⁾。このことから、このバラツキはコンジットの放流音特性に起因するものではなく、風雑音等の暗騒音の影響によるものであると考えられる。風による低周波数領域の雑音は、レベルの変動が大きく補正できない⁴⁾ため、これらバラツキのあるデータを使用するには無理がある。一方、観測日③については、B 地点の音圧レベルのバラツキは小さいが、同時に測定した A 地点のバラツキは大きいものとなっている。

今回は、現地観測の代表データとしては、A,B 両地点ともバラツキが少なく風雑音の影響が最も小さいと考えられる観測日①のデータが妥当であると考えられ、以降の検討では観測日①（便宜的に A 地点）のデータを用いることとする。ちなみに、バラツキの少なかった観測日③ B 地点の音圧レベルは、観測日①のそれとほぼ同様の結果となっている。

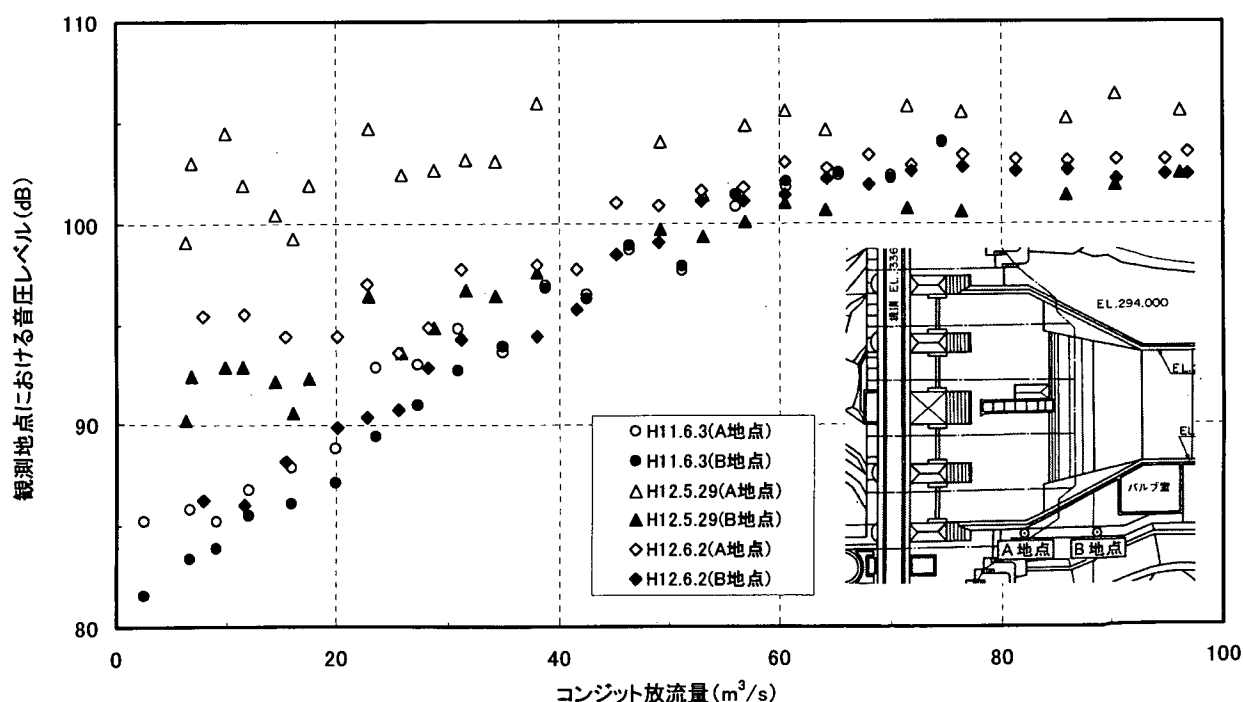


図-3.1 コンジット放流時における観測地点の音圧レベル

観測日① A 地点のデータを抽出し、コンジット放流量と音圧レベルの関係を再整理したものを図-3.2 に示す。図より、音圧レベルは $\log(Q)$ (Q : 放流量) に概ね比例することが分かる。

ここで、三春ダムのような水平水叩き式減勢工における放流音の音源位置は跳水始端と考えられている³⁾ことから、音源を放流水脈の減勢池への突入地点(コンジット中心線上)を発生源とする点音源とすれば、音響パワーレベルは以下に示す半自由空間における点音源の距離減衰式から逆算できる。

$$SPL_i = PWL - 20\log r_i - 8 \quad (3)$$

ここに、 SPL_i : 地点(i)での音圧レベル(dB), PWL : 音響パワーレベル(dB), r_i : 音源から地点(i)までの距離(m)である(回折減衰及び超過減衰による影響は無視している)。

図には音響パワーレベルの推定値も併せて示しており、図より最大放流量 $100\text{m}^3/\text{s}$ の場合の音響パワーレベルは 137dB 程度となる。

なお、音源近傍の観測地点における音圧レベルは、ダム堤体や減勢工の複雑な形状により、半自由空間における点音源の距離減衰式から若干外れる傾向にある⁵⁾ことから、この現地観測結果から推定した音響パワーレベルを用いる場合は若干割り増して評価することが望ましい。

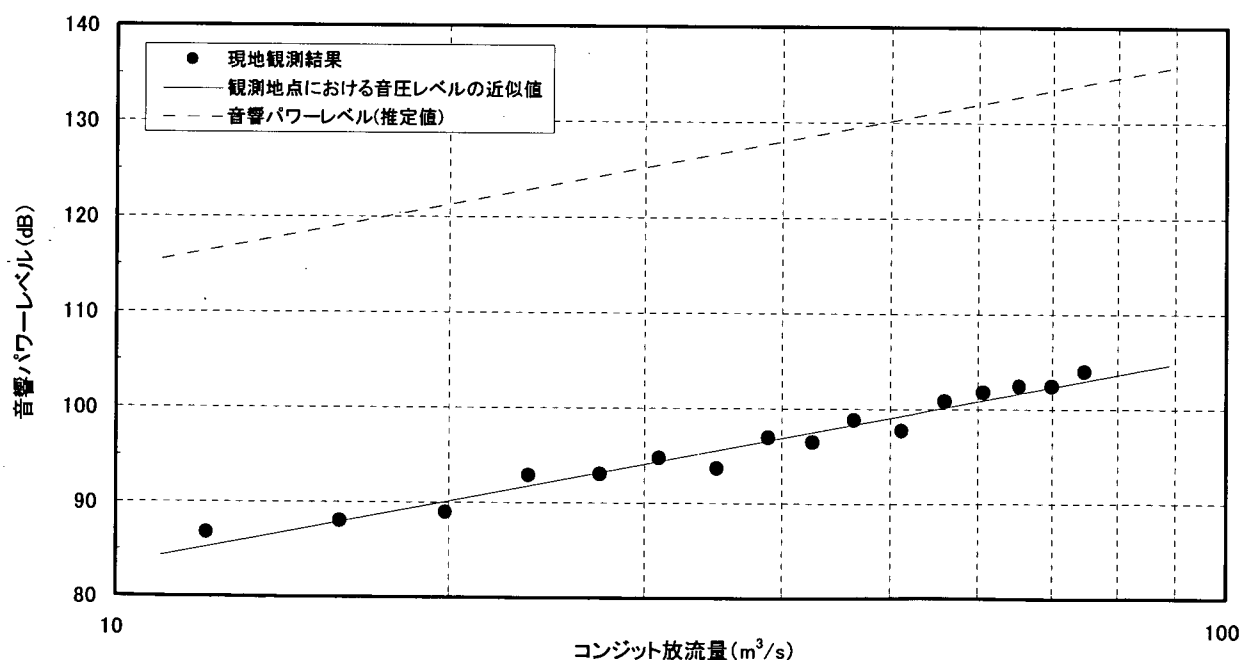


図-3.2 コンジットの音響パワーレベル

3.3 音源のパワースペクトル

観測日① A 地点における放流音の 1/3 オクターブ分析結果を図-3.3 に示す。縦軸は各 1/3 オクターブバンドの音圧レベルをオーバーオール値で無次元化したパワースペクトル比で表している。先に述べたように、音響パワーレベルは放流量の大きさに関係するが、パワースペクトルは放流量に関係なくほぼ一定の形状を示している。これは、極端に流況が変化しない限り、ダム放流音のパワースペクトルは流況に依らない固有の形状を持つ³⁾ というこれまでの知見を裏付けるものである。このパワースペクトルの形状は、減勢工形状や放流設備の型式等によって決まるものと考えられ、三春ダムコンジットの場合には、2~3Hz 付近にエネルギーが集中する形状になっている。また、20Hz より高い周波数帯のエネルギーは全エネルギーの数%以下であり、三春ダムを対象とした低周波音低減対策の検討では、20Hz 以下の超低周波音に着目すればよいことが分かる。

なお、図-3.3 は観測地点で測定した放流音のパワースペクトルであるが、音源のパワースペクトルもほぼ同様の形状と見なしてよいと考えられる。

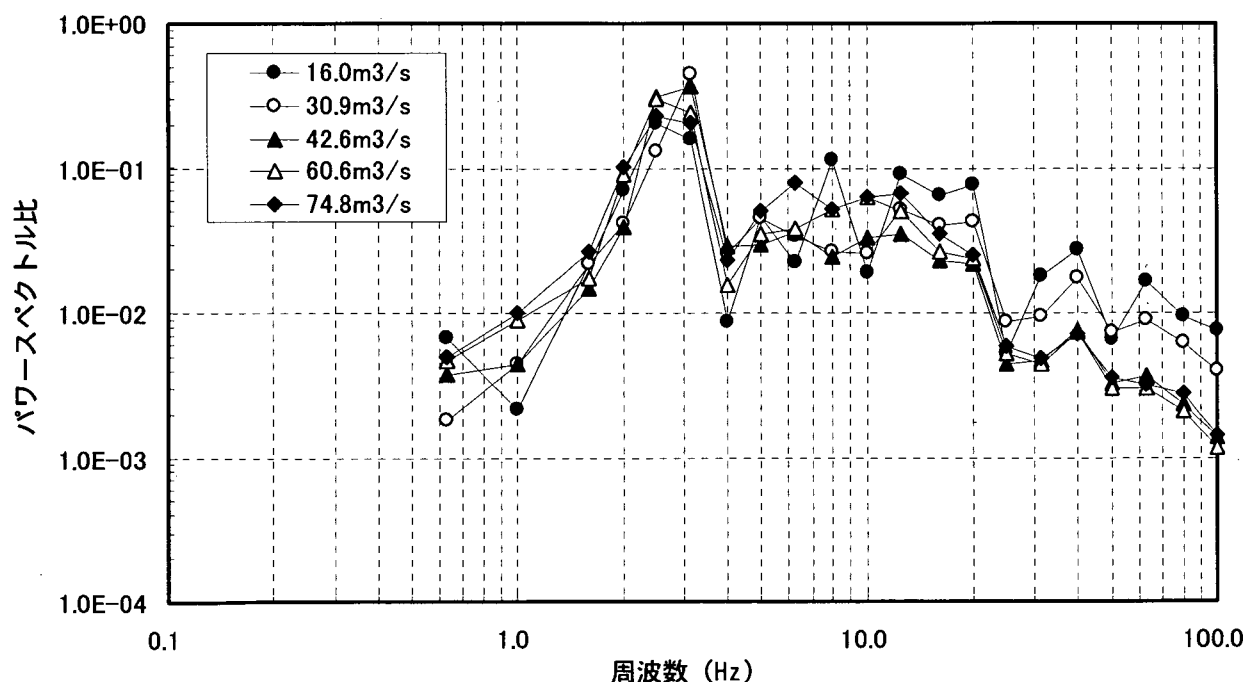


図-3.3 コンジット放流音の 1/3 オクターブ分析結果 (観測日① A 地点)

4. 三次元模型における相似則の検証

4.1 検証実験の概要

模型実験から実際の現象を求めるためには、観測対象となる現象に係る物理量が模型と原型で相似則を満たしている必要がある。対象が音の場合には、音響出力と音源のパワースペクトルが問題となる。これまでに検討された二次元模型を対象とした水理模型実験では、先に述べた音響出力及び音源のパワースペクトルの特性は、模型上でも成り立つことが明かとなっている³⁾。

すなわち、

- (1) 音響出力は流入エネルギーに概ね比例し、その比例定数（流入エネルギーの音のエネルギーへの変換率）は流況をフルード相似とすれば模型・原型ともほぼ同一の値をとる。
- (2) 音源のパワースペクトルは、流況が極端に変化しない限り、模型・原型とも流況に依らない固有の形状を持つ。

また、周波数については、

- (3) 模型と原型の間には音の相似則（模型縮尺を $1/n$ とすると、原型の周波数 $= 1/n \times$ 模型の周波数の関係）が概ね成り立つ。

以上のことは、模型実験における発生音の測定値から原型値への換算が可能であることを示しているが、三次元模型においても同様の相似則が成り立つかどうか検証しておく必要がある。

検証実験は表-4.1 に示す条件で実施した。模型は TYPE-A 模型（図-2.1,2.2 参照）であり、放流音の測定は現地観測地点と同様の地点（図-3.1 の A 地点）で行った。コンジット放流量は 20,60,100 m^3/s の 3 ケースとし、貯水位は 3 ケースとも概ね常時満水位（EL.326.0m）付近になるように調節した。

表-4.1 相似則の検証実験条件

ケース	放流量	貯水位	備 考
CASE 0-1	20.3 m^3/s	EL.325.36m	現地観測と同様に、減勢工右岸側壁上の A 地点（図-3.1 参照）で測定
CASE 0-2	60.3 m^3/s	EL.326.06m	
CASE 0-3	99.8 m^3/s	EL.325.21m	

4.2 流入エネルギーの音のエネルギーへの変換率

音響出力 $W(w)$ 及び流入エネルギー $E(J/s)$ は次式で与えられる。

$$W = S \cdot I = 2\pi r_i^2 \cdot \frac{p_i^2}{\rho_a c} \quad (4)$$

$$E = \frac{\rho_w Q v^2}{2} \quad (5)$$

ここに、 S ：音源を囲む面の面積(m^2)、 I ：音の強さ(w/m^2)、 r_i ：音源から観測点(i)までの距離(m)、 p_i ：観測点(i)での音圧実効値(Pa)、 ρ_a ：空気の密度(kg/m^3)、 c ：音速(m/s)、 ρ_w ：水の密度(kg/m^3)、 Q ：放流量(m^3/s)、 v ：流入流速(m/s)である。

変換率を $\alpha = W/E$ とし、現地観測結果と二次元及び三次元模型における実験結果について、フルード数 Fr と変換率 α の関係を図-4.1 に示す。なお、フルード数及び流入エネルギーの計算では、減勢池には副ダム天端標高まで水が貯まっているものとし、放流水脈の流下に伴うエネルギー損失は無視している（つまり、流入流速は貯水位と副ダム天端標高の高低差のみで決定する）。

図より、再現実験の変換率は現地観測結果とほぼ同程度の値を示しており、またフルード数の増加とともに変換率が低減する傾向も同様である。これより、三次元模型においても二次元模型と同様に、模型上で測定される音響出力の測定値から原型値への換算が可能であることが分かる。

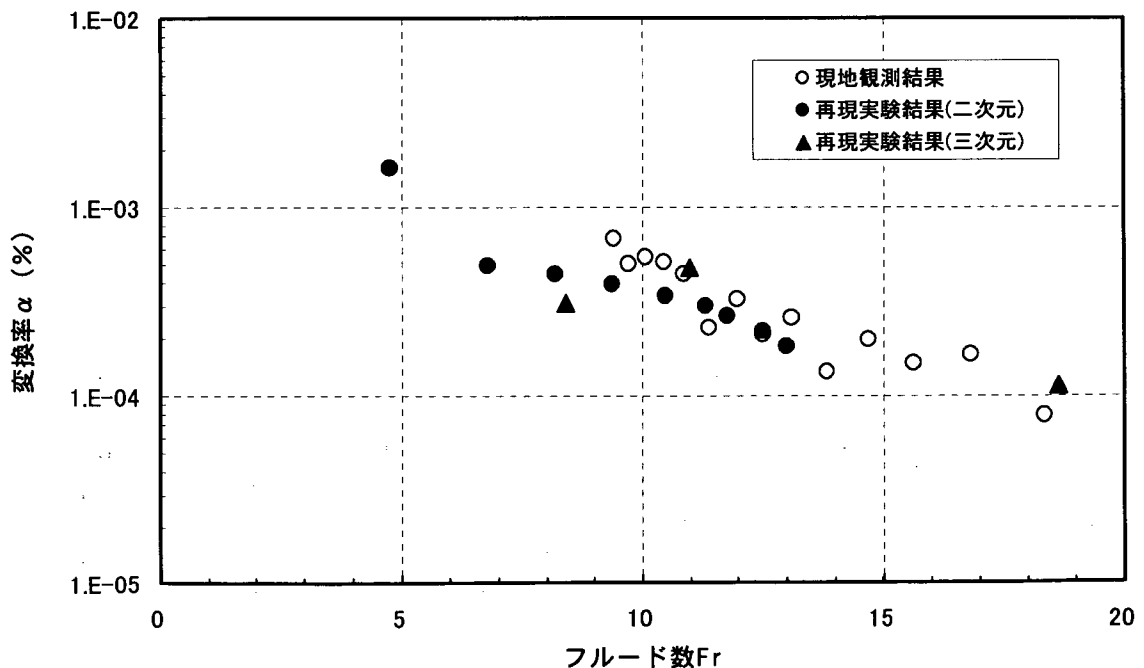


図-4.1 フルード数 Fr と変換率 α の関係

4.3 音源のパワースペクトルと音の相似則

現地観測及び再現実験による放流音のパワースペクトルを図-4.2,4.3に示す。実験結果の周波数は、二次元及び三次元模型ともに音の相似則で原型値に換算したものである（例えば、相似則の検証に用いた TYPE-A 模型の場合、模型縮尺は $1/25$ であるから、「原型の周波数 $= 1/25 \times$ 模型の周波数」となる）。

図より、模型実験におけるパワースペクトルの再現性は二次元及び三次元模型ともに概ね良好であるが、二次元模型ではスペクトルのピーク（エネルギーの大きい周波数帯）が一つに対し、三次元模型ではスペクトルのピークが $1 \sim 2\text{Hz}$ の他に $10 \sim 30\text{Hz}$ 付近にも存在している。低周波帯の高い周波数側にもピークが存在する理由は定かではないが、模型上部空間での空気の固有振動数の共振が要因の一つとして考えられる。しかしながら、3.3 で述べたように、コンジット放流音のエネルギーは $2 \sim 3\text{Hz}$ に集中しており、このピーク付近の低周波数帯のエネルギーを低減させるという観点からみれば、低周波数帯の低い周波数側の再現性が重要になる。

図より、三次元模型では二次元模型の場合と比較して、ピーク付近の低周波数帯の再現性は改善されていることから、三次元模型においても二次元模型と同様に、音の相似則により模型のパワースペクトルを原型のパワースペクトルに変換し、低周波音低減対策の検討を進めることができるものと考えられる。

以上の検討結果より、三次元模型においても、音響出力及び音源のパワースペクトルに関して相似則が成り立つことが確認された。

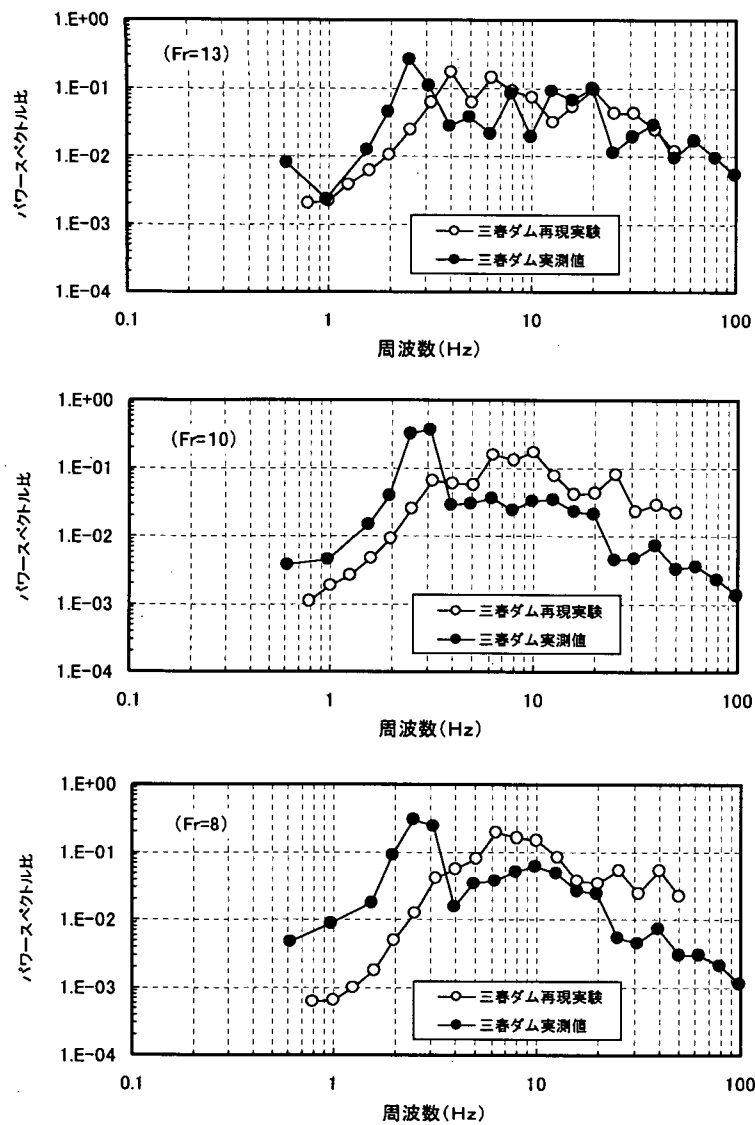


図-4.2 放流音のパワースペクトル(二次元模型)

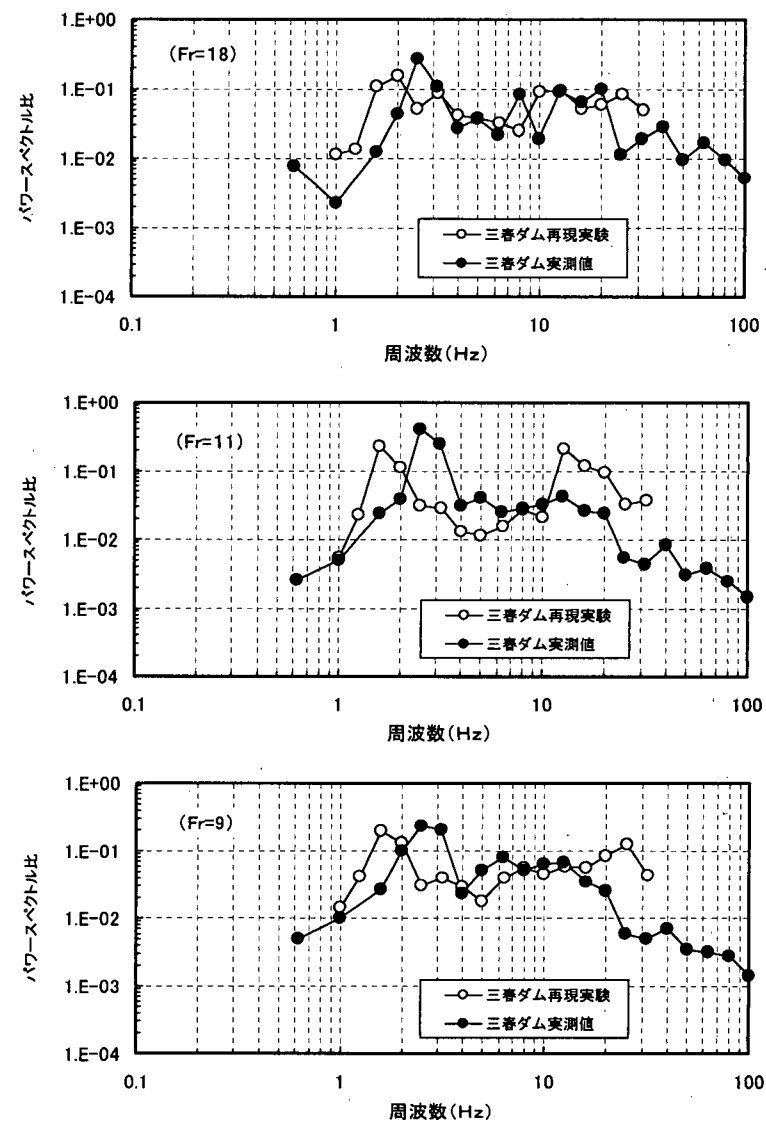


図-4.3 放流音のパワースペクトル (三次元模型)

5. 低周波音低減対策の検討

5.1 基本方針

コンジットのパワースペクトルについては、3.3 で述べたように、エネルギーの大部分が 20Hz 以下の周波数帯に集中していることから、コンジットを対象とした低周波音低減対策の検討では、20Hz 以下の低周波音を低減させればよいと考えられる。一方で、20Hz 以下の低周波音は波長が非常に長く、一旦発生した低周波音を防音することは一般に困難である。また、三春ダムは運用中のダムであり、堤体あるいは減勢工内に何らかの低周波音対策工を講じる場合には、その配置及び規模等も自ずと制限される。

ここで、先に述べたように、三春ダムのような水平水叩き式減勢工の場合の音源位置は跳水始端（放流水脈の減勢池への突入地点）と考えられている³⁾ ことから、コンジットを対象とした低周波音低減対策については、音源である跳水始端を中心とした水脈制御を行い、音響出力ならびに音源のパワースペクトルを変化させるという観点からの対策について検討を行うこととする。

5.2 基本検討

5.2.1 検討ケース

跳水始端を中心とした水脈制御の一つの方法として、コンジット出口部にデフレクタを設置することが考えられる（以下、デフレクタ案）。デフレクタは跳水形態を変化させる働きがあり、デフレクタ高 W_1 の変化は表面波状射流の状態の変化に対応する。デフレクタ形状のイメージは図-5.1 に示すとおりである。基本検討では、デフレクタ幅はコンジットの幅と同じ 3m、デフレクタ終端位置はバケットカーブ終端に合わせ、デフレクタ高 W_1 のみを変化させることとした。なお、デフレクタ上面とコンジット下面放物線との接合部については、コンジットからの放流水をスムーズに導水するために半径 13m の円弧で擦り付けている。

また、水脈制御ではないが、コンジット出口部にフタを設置する案（以下、フタ案）及びデフレクタとフタの両方を設置する案（以下、併用案）についても比較のために検討を行った。フタ形状のイメージは図-5.1 に示すとおりである。フタのタイプは 2 種類あり、TYPE-a1 はコンジット出口の開口部を極力小さくする（水面に近づける）ことを念頭においたもので、コンジットからの放流水脈がフタ上部に当たらないよう 2.5m（模型で 10cm）程度浮かせた形状としている。TYPE-a2 はコンジットからの放流水脈がフタに当たらない程度にフタをしたものである。

基本検討ケースを表-5.1 に示す。デフレクタ案、フタ案については、デフレクタ高 W_1 及びフタ開口高 W_2 を各々 3 通りずつに変化させて検討を行った。併用案については、各案の検討結果を踏まえ、デフレクタ高 W_1 を 8.75m に固定し、フタ開口高 W_2 を変化させて検討を行った。実験条件は全てのケースで放流量は $100\text{m}^3/\text{s}$ 、貯水位は概ね常時満水位 EL.326.0m になるように設定した。

放流音の測定は図-5.2 に示すように、音源近傍の 5 測点で行った（測点①～⑤）。なお、測点①～⑤はケースに関係なく図に示す位置に固定しており、各ケースの評価に当たっては、跳水形態の変化により音源位置が若干変化することに留意する必要がある。

表-5.1 基本検討ケース一覧

対策案名称	ケース名	デフレクタ高 W ₁ ()内は模型値	フタ開口高 W ₂ ()内は模型値	フタのタイプ
デフレクタ案	CASE 1-1	5.0m (0.2m)		
	CASE 1-2	7.5m (0.3m)		
	CASE 1-3	10.0m (0.4m)		
フタ案	CASE 2-1		-5.0m (-0.2m)	TYPE-a1
	CASE 2-2		0m (0m)	
	CASE 2-3		5.0m (0.2m)	TYPE-a2
併用案 (デフレクタ+フタ)	CASE 3-1	8.75m (0.35m)	2.5m (0.1m)	TYPE-a1
	CASE 3-2		3.75m (0.15m)	TYPE-a2

注) 1. デフレクタ高 W_1 は、減勢池底面(EL.274.0m)からの高さ
2. フタ開口高 W_2 は、副ダム天端(EL.284.0m)から堤体下流面沿いの開口部鉛直高さ
(マイナスはフタが水没していることを示す)

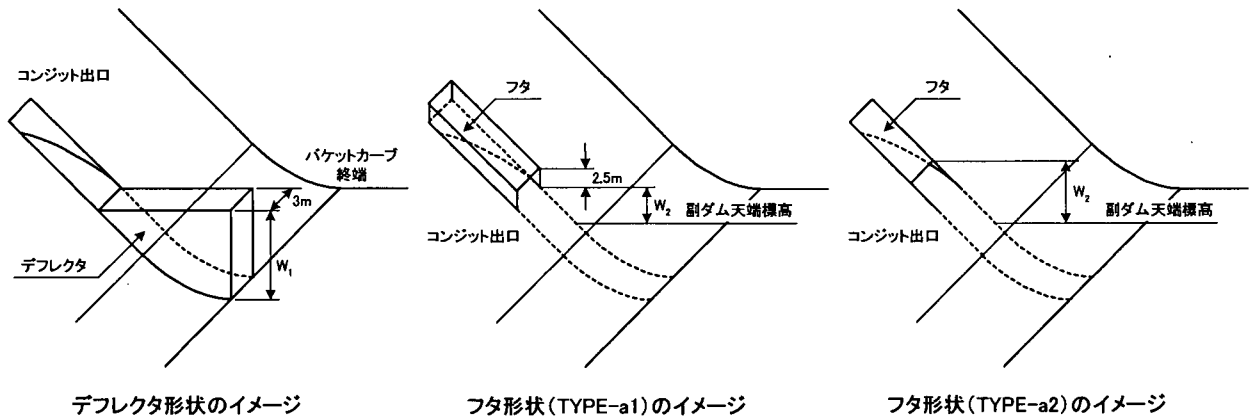


図-5.1 基本検討形状のイメージ

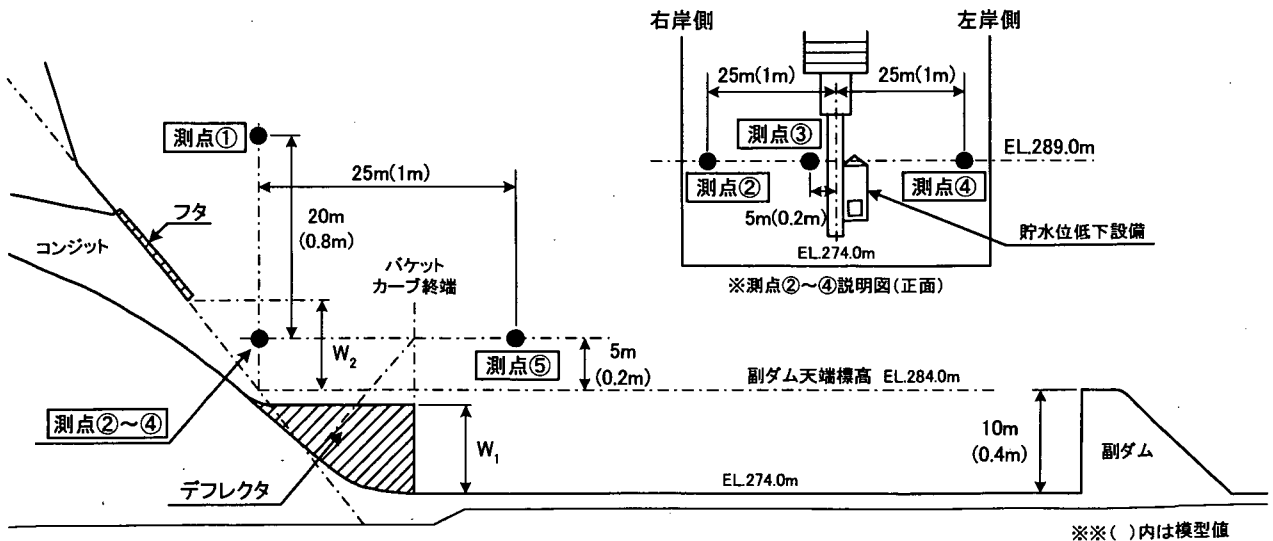


図-5.2 低周波音低減対策検討における放流音測定位置

5.2.2 検討結果

5.2.2.1 デフレクタ案

デフレクタ案のパワースペクトルを図-5.3 に示す（流況は写真-5.1）。音圧レベルは実験値であるが、周波数は検討を容易にするため音の相似則により原型値に換算している（以下、フタ案、併用案も同様）。図より、デフレクタ案では5～10Hz以下の低周波帯の低減効果が認められる。これは、跳水形態の変化により音のエネルギーが高周波側へ移行したためであると考えられる。 $W_1=10\text{m}$ の場合に最も低減効果が大きくなるが、このケースでは表面波状射流が直接副ダムに達しており流況に問題がある。一方、 $W_1=7.5\text{m}$ ではその効果は小さくなることから、 W_1 はこれらの中に相当する 8.75m 程度が最適であると考えられる。また、音源より下流側のオーバーオール値が若干増加しているが、これはデフレクタにより音源範囲が下流側に広がったためであると考えられる。

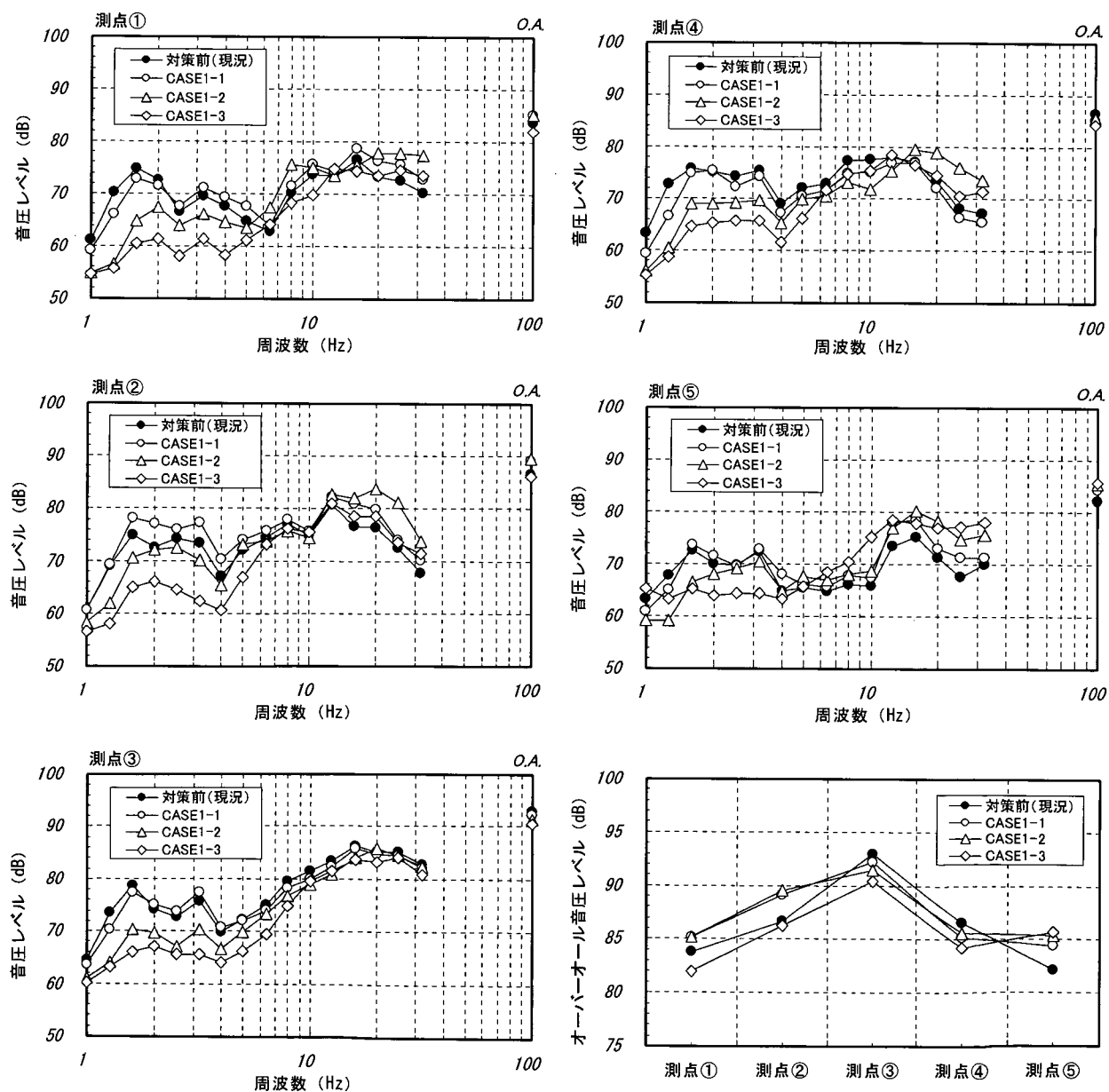


図-5.3 デフレクタ案のパワースペクトル

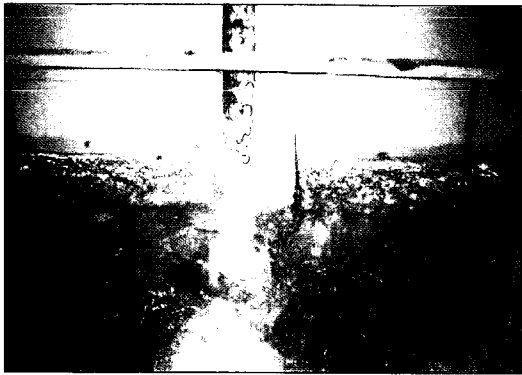
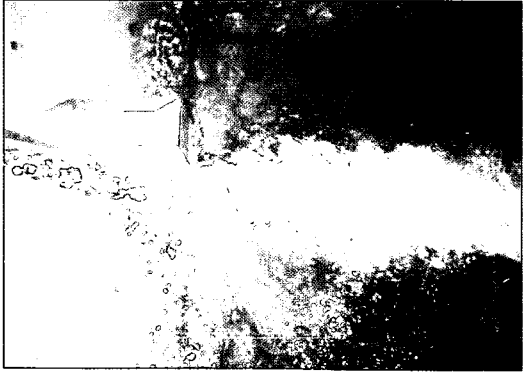
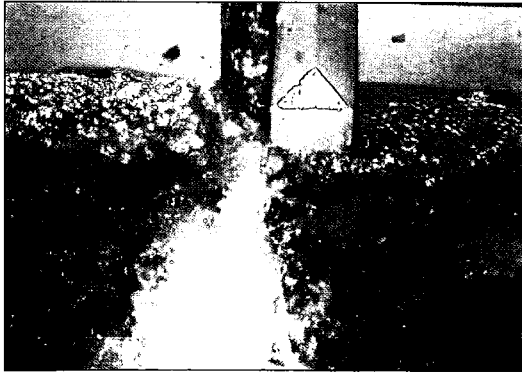
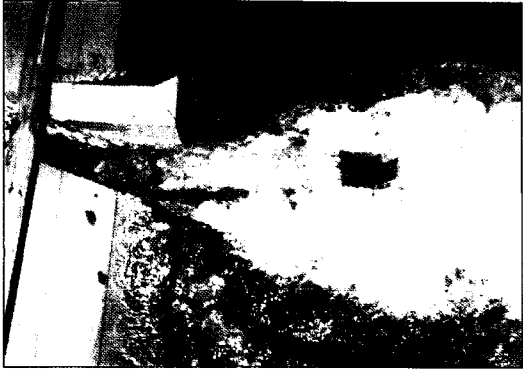
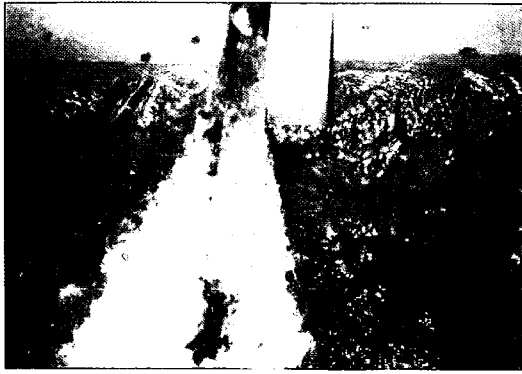
対策なし (現況)		
CASE1-1		
CASE1-2		
CASE1-3		

写真-5.1 デフレクタ案における減勢池内の流況

5.2.2.2 フタ案

フタ案のパワースペクトルを図-5.4 に示す（流況は写真-5.2）。フタ案については、フタの効果をみるため、フタを水没させたもの、水面ぎりぎりまでフタをしたもの及びある程度開口部を確保したものの3通りについて検討を行った。図より、フタ案の場合は、10Hz 以下の低周波帯の低減効果はほとんどないが、10Hz 以上の周波数帯の低減効果が認められる。また、フタによりオーバーオール音圧レベルも全体的に下がっているが、ある程度低減効果を上げるためには、フタを水没させるなど音源を極力覆ってしまう必要がある。

なお、流況観察により、フタを水没させた場合には給気が十分に行われず、突入水脈が振動を起こすなど流況に問題が生じる可能性があることが明らかになった。

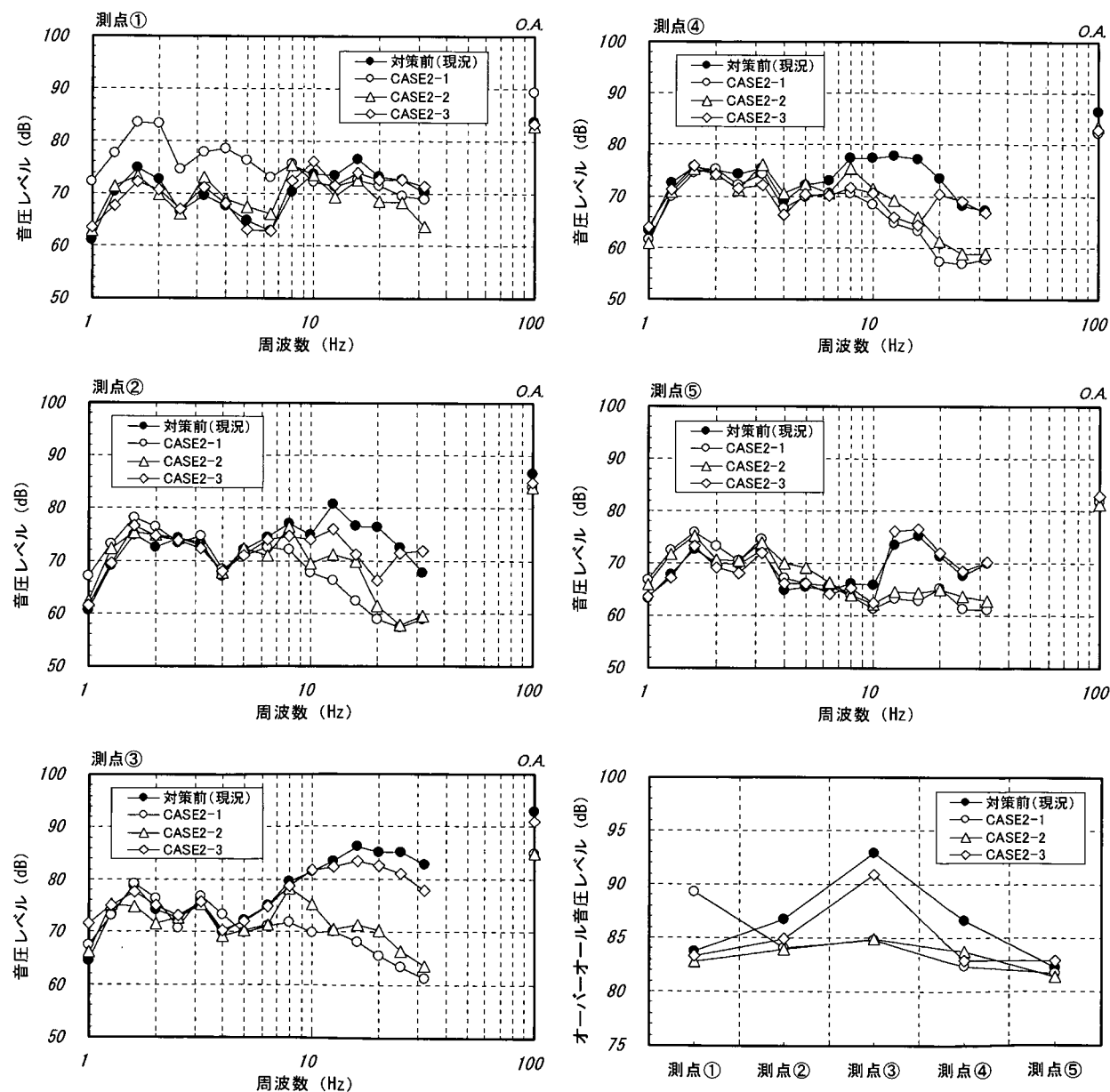


図-5.4 フタ案のパワースペクトル

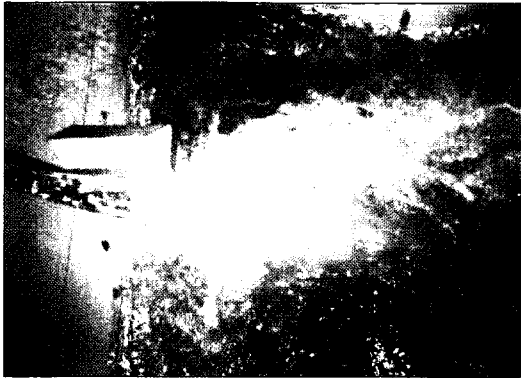
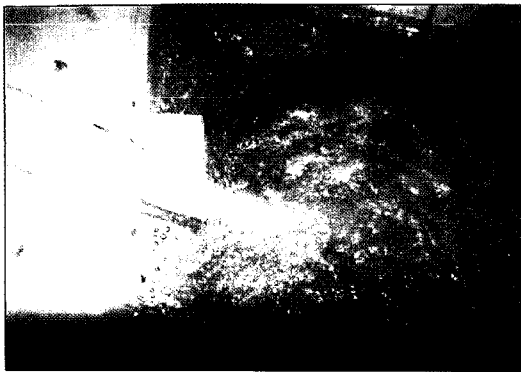
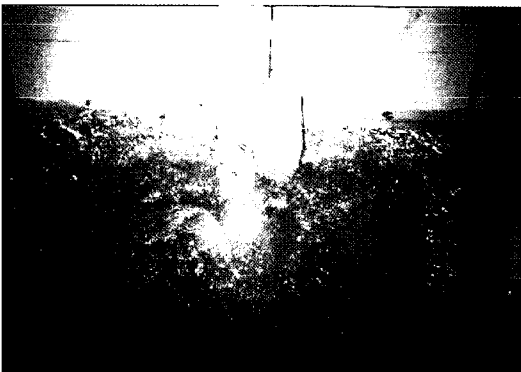
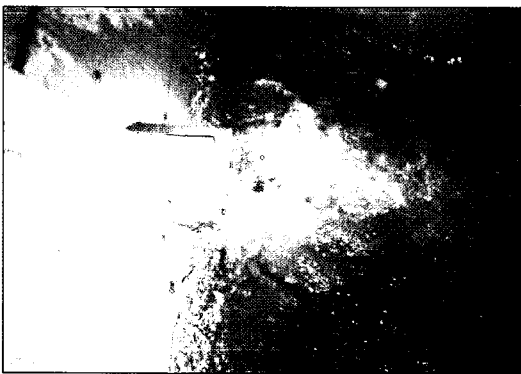
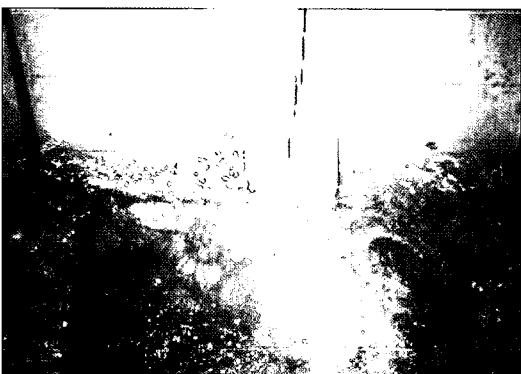
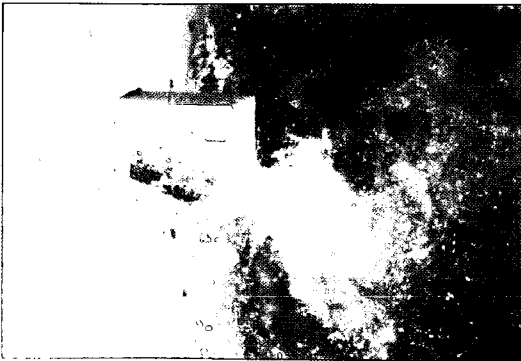
対策なし (現況)		
CASE2-1		
CASE2-2		
CASE2-3		

写真-5.2 フタ案における減勢池内の流況

5.2.2.3 併用案

併用案のパワースペクトルを図-5.5 に示す（流況は写真-5.3）。ここでは、10Hz 以下で低減効果が認められたデフレクタ案と、10Hz 以上で低減効果が認められたフタ案を併用した案について検討を行った。先の検討結果を踏まえ、 W_1 は最適と考えられる 8.75m に固定し、 W_2 は 2.5m, 3.75m の 2 通りとした。図より、下流側を除く測点では双方の効果が現れており、オーバーオール音圧レベルも下がっている。また、本検討ではデフレクタ形状は固定しているため、10Hz 以下の低周波帯のスペクトルはほぼ等しくなるはずであるが、測点①, ②, ④では 1~2Hz 付近の周波帯において異なるスペクトルを示している。この理由は定かではないが、フタによりコンジット内部で発生した共鳴音の影響が要因の一つとして考えられる。このことは、併用案の場合、フタの形状によっては、デフレクタの効果を損なわせる可能性があることを示唆している。

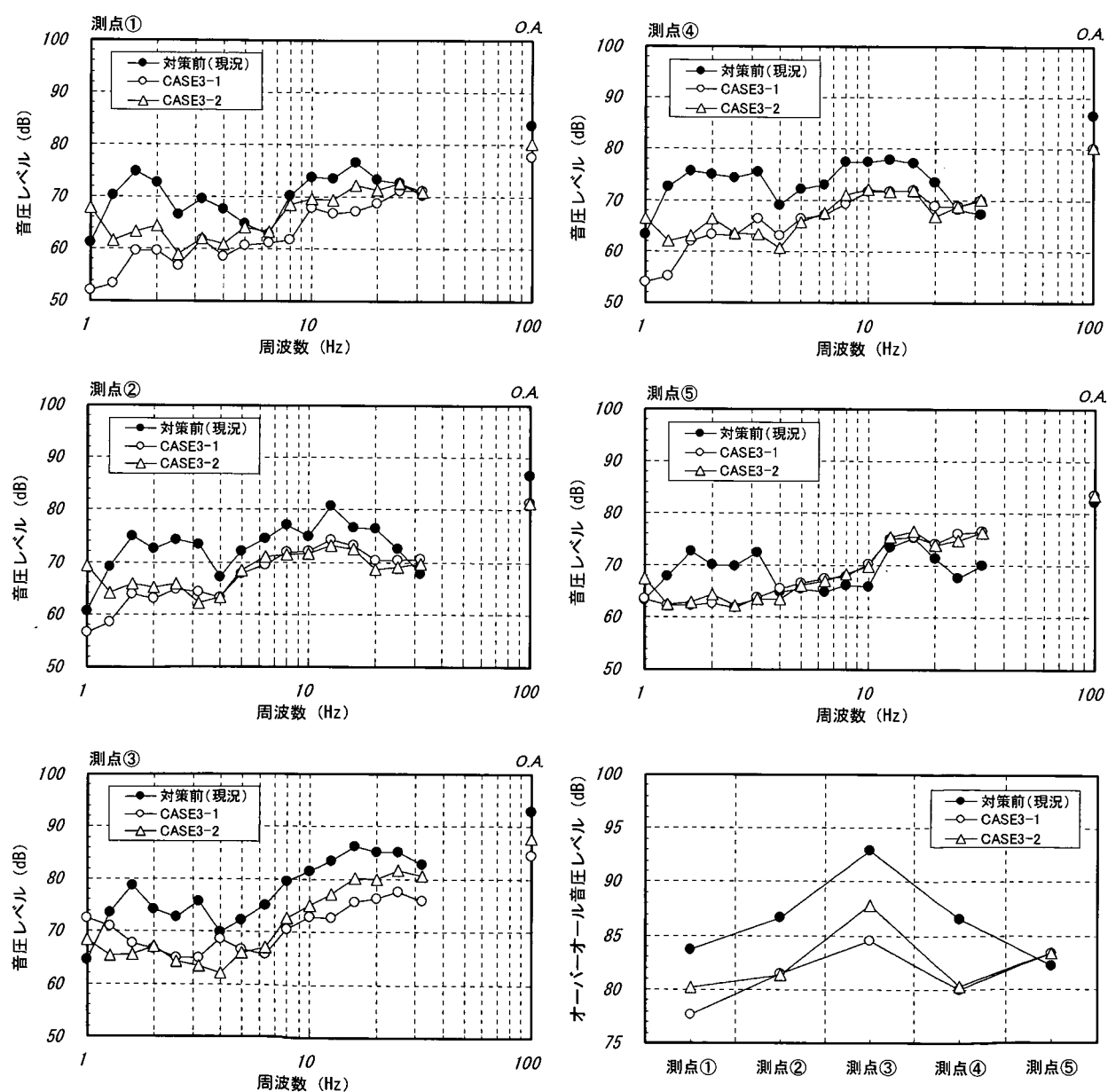


図-5.5 併用案のパワースペクトル

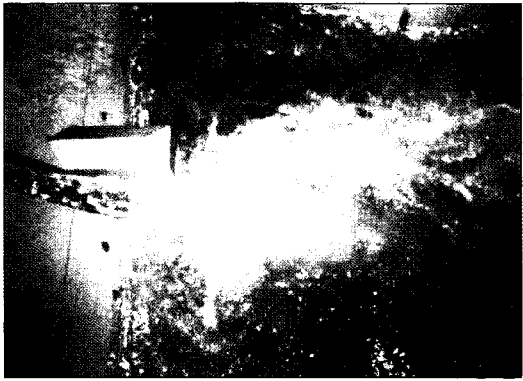
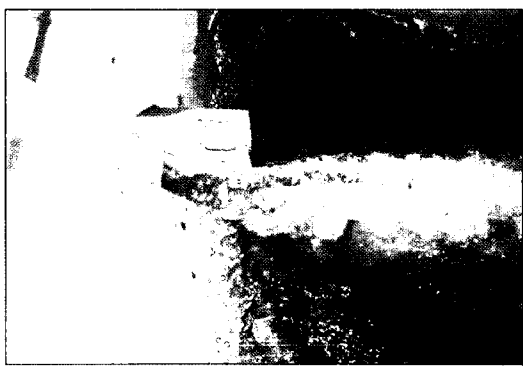
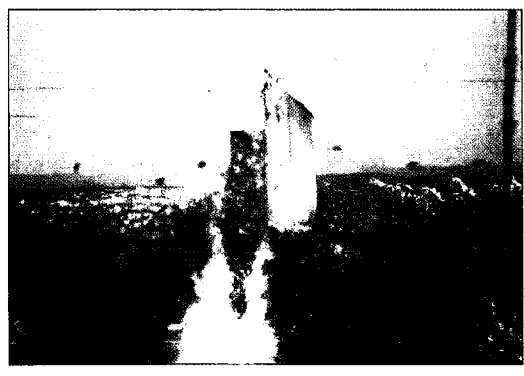
対策なし (現況)		
CASE3-1		
CASE3-2		

写真-5.3 併用案における減勢池内の流況

5.2.2.4 基本検討における評価

コンジットを対象とした低周波音低減対策の基本形状として、デフレクタ案、フタ案、デフレクタ及びフタを併用した併用案について検討を行った。各案の検討結果をまとめると以下のとおりである。

(1) デフレクタ案

デフレクタを設置した場合は、跳水形態の変化により音のエネルギーが高周波側へ移行すると考えられるため、概ね 10Hz 以下の周波数帯において低減効果が認められる。また、デフレクタ高 W_1 は 8.75m 程度が最適であると考えられる。

(2) フタ案

フタを設置した場合は、10Hz 以上の周波数帯の低減効果は認められるが、その効果を上げるためには、フタを水没させるなど音源を極力覆う必要がある。なお、フタを水没させた場合には給気が十分に行われず、突入水脈が振動を起こすなど流況に問題が生じる可能性がある。

(3) 併用案

デフレクタ及びフタの両方を設置した場合は、双方の効果により測点によっては全体の周波数帯で低減効果が認められるが、フタの形状によっては、デフレクタによる低周波帯の低減効果を損なわせる可能性がある。

ここで、5.1 で述べたように、コンジットを対象とした低周波音低減対策の検討では、20Hz 以下の低周波帯を低減させればよく、特に放流音のエネルギーは 2~3Hz に集中していることから、デフレクタの設置で十分な低減効果が得られるものと考えられる。更に低減効果を得るためには、併せてフタをすることが考えられるが、これについては更なる形状検討が必要となる。以下では、デフレクタによる対策について更に検討を行うこととした。基本検討で得られたデフレクタ形状を図-5.6 に示す。

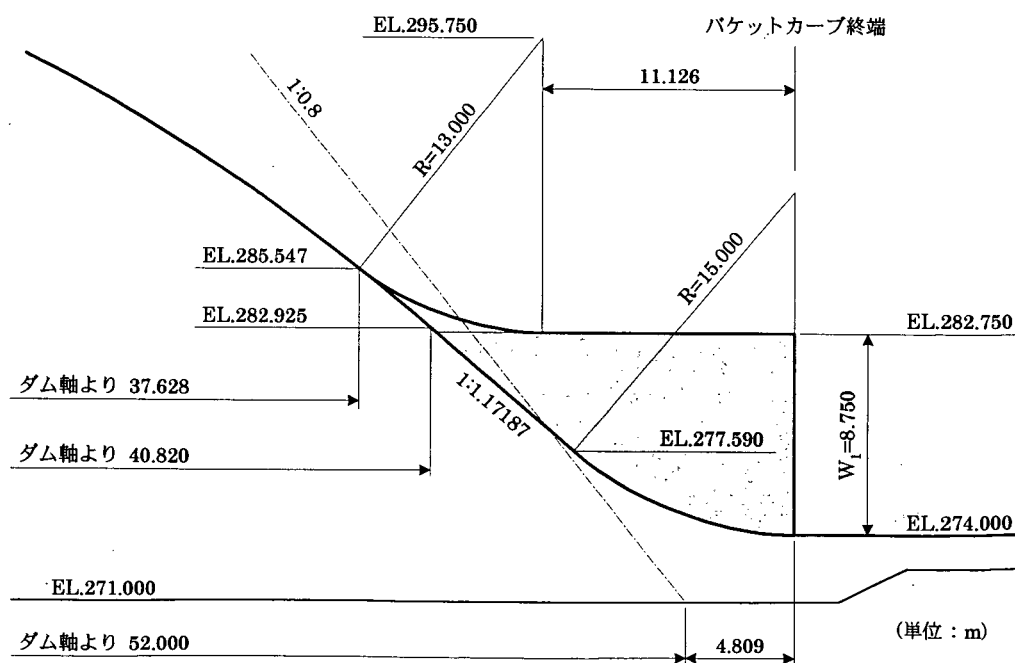


図-5.6 基本検討で得られたデフレクタ形状

5.3 デフレクタ形状の詳細検討

基本検討の結果、コンジットを対象とした低周波音低減対策としては、コンジット出口部にデフレクタを設置するのが効果的であることが分かった。基本検討では、簡単のためデフレクタの終端はバケットカーブ終端に一致させた状態としたが、ここでは更にコンパクトかつ効果的なデフレクタ形状の検討を行うこととした。

5.3.1 検討ケース

デフレクタ形状を変化させるパラメータとしては高さ、幅、長さ及び減勢池への流入角度が考えられるが、このうち高さについては基本検討において $W_1=8.75\text{m}$ が最適であるとの結果が得られている。また、コンジット出口部左岸側は水位低下設備によりコンジット幅が規制されており、デフレクタ幅を右岸側に変化させた場合、流れが右岸側に偏ると考えられ望ましくない。そのため、検討項目はデフレクタ長及び減勢池への流入角度の 2 項目とし、それぞれの項目について低周波音低減効果の違いを把握することとした。放流水脈の減勢池への流入角度を変化させることは、より効果的な形状の検討の他、表面波状射流となる流況を改善させる狙いもある。

検討ケースは表-5.2 に示すとおりである。デフレクタ長については基本検討時の形状（図-5.6 参照。以下、原案）から 5m,10m 短くした 2 形状について、減勢池への流入角度についてはデフレクタ長の検討結果を踏まえ、原案から 10m 短い形状を基本として流入角度を 5,10,15 度の 3 通りに変化させてそれぞれ検討を行った。各検討ケースの形状は図-5.7,5.8 に示すとおりであり、全ケースともデフレクタ高は最適であると考えられる $W_1=8.75\text{m}$ としている。

実験条件は、基本検討と同様に、全てのケースで放流量は $100\text{m}^3/\text{s}$ 、貯水位は概ね常時満水位 EL.326.0m になるように設定した。また、放流音の測定位置についても基本検討と同様に、図-5.2 に示す音源近傍の測点①～⑤とした。

表-5.2 詳細検討ケース一覧

検討項目	ケース名	デフレクタ終端位置	流入角度	形状（参照図）	
デフレクタ長の変化 による影響	CASE4-1	バケットカーブ終端と一致		原案	図-5.6
	CASE4-2	バケットカーブ終端から-5m		TYPE-b1	図-5.7
	CASE4-3	バケットカーブ終端から-10m		TYPE-b2	
減勢池への流入角度 の変化による影響	CASE5-1	バケットカーブ終端から-10m	5 度	TYPE-c1	図-5.8
	CASE5-2		10 度	TYPE-c2	
	CASE5-3		15 度	TYPE-c3	

注）全ケースともデフレクタ高 $W_1=8.75\text{m}$ （ W_1 は減勢池底面 EL.274.0m からの高さ）

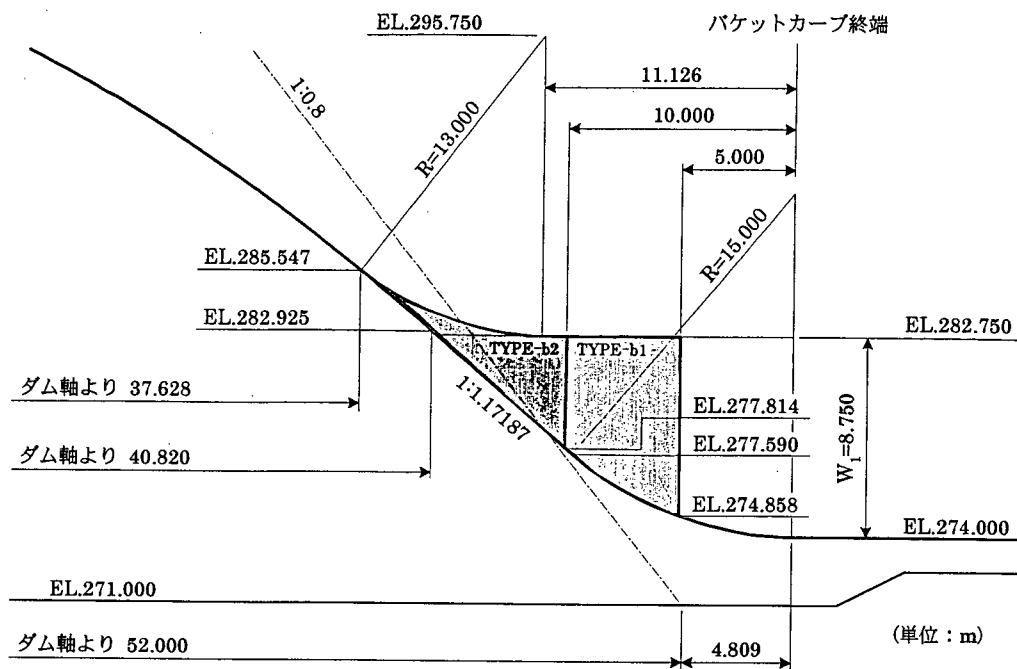


図-5.7 デフレクタ長の変化による検討形状

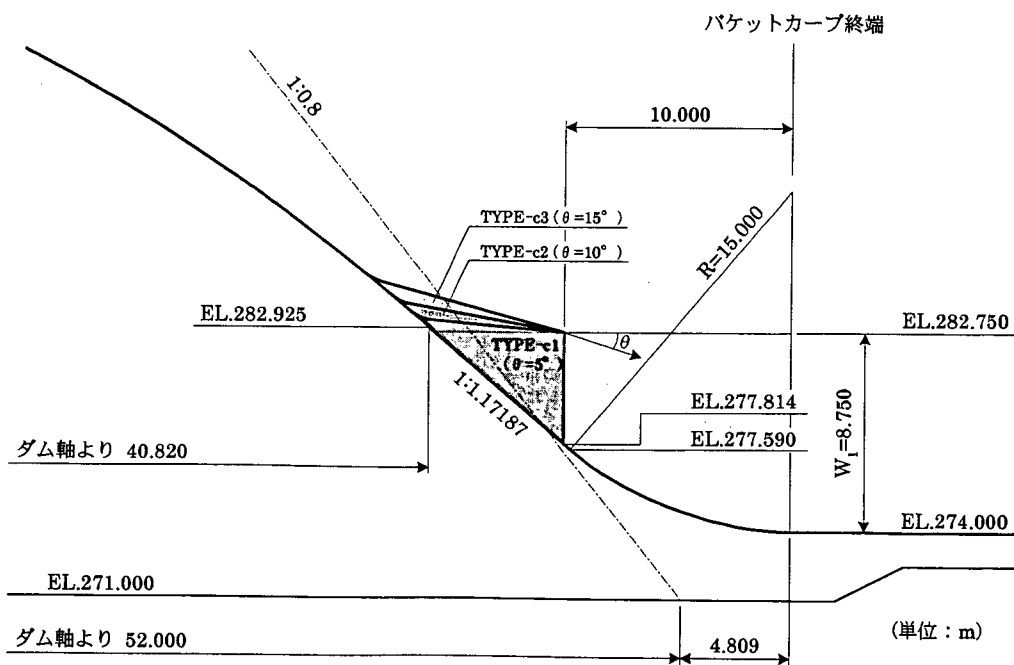


図-5.8 減勢池への流入角度の変化による検討形状

5.3.2 検討結果

5.3.2.1 デフレクタ長を変化させた場合

デフレクタ長を変化による検討ケースのパワースペクトルを図-5.9 に示す（流況は写真-5.4）。図中の音圧レベルは実験値であるが、周波数については基本検討と同様に検討を容易にするため、音の相似則（原型の周波数＝模型縮尺 $1/25 \times$ 模型の周波数）で原型値に換算している（以下、減勢池への流入角度の変化による検討でも同様）。

図より、オーバーオール音圧レベル及びパワースペクトルともに、デフレクタ長の違いによる差異は小さく、デフレクタ長が短い場合でも十分な低周波音低減効果が得られることが分かる。

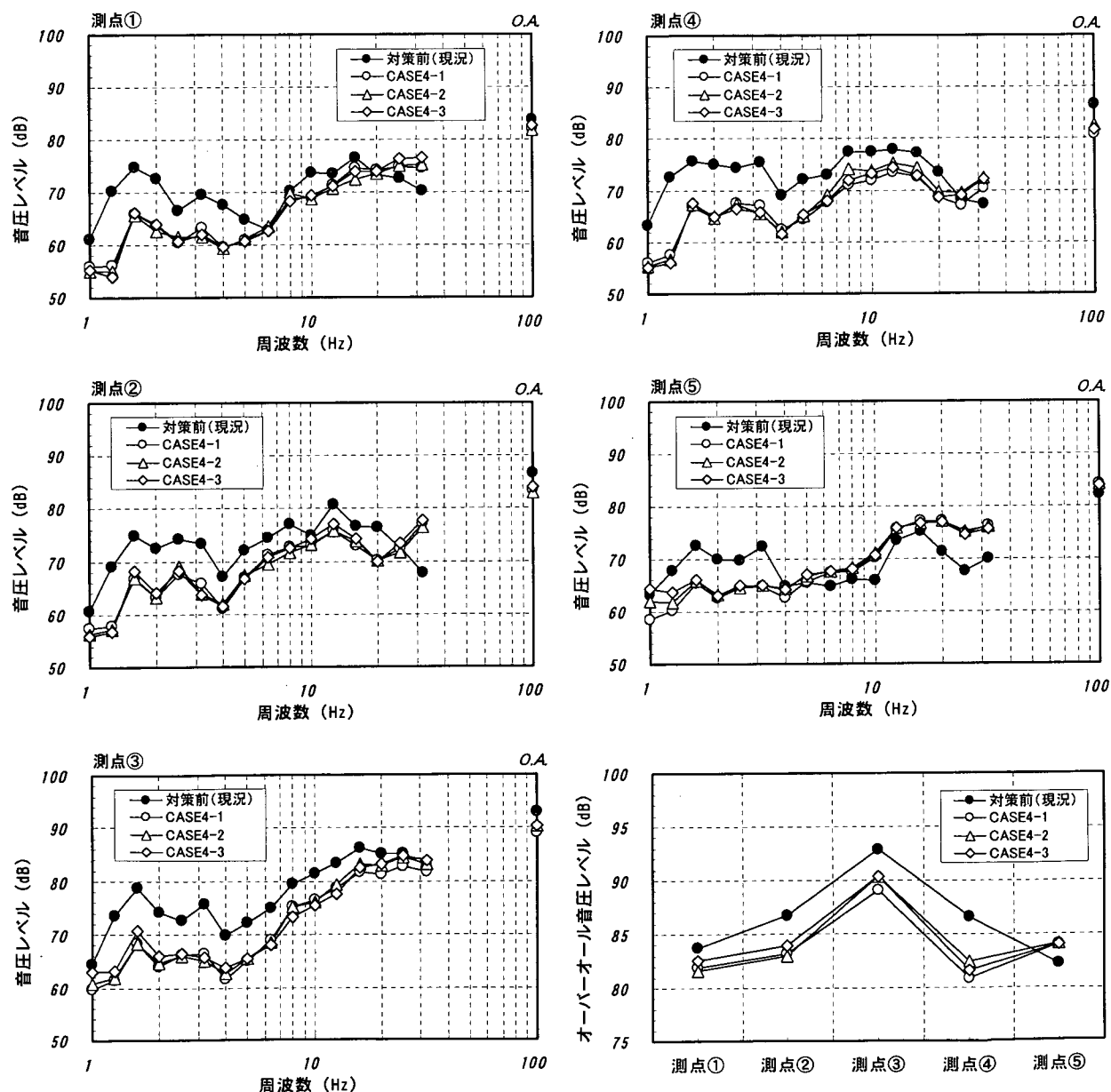


図-5.9 デフレクタ長の変化による検討ケースのパワースペクトル

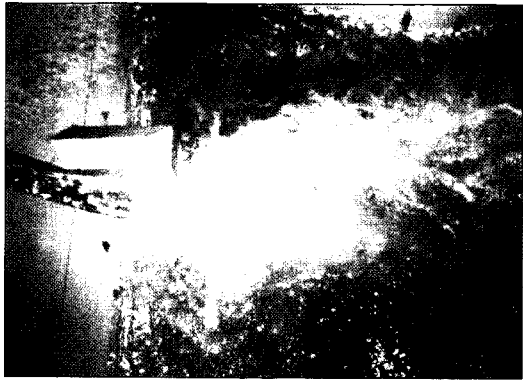
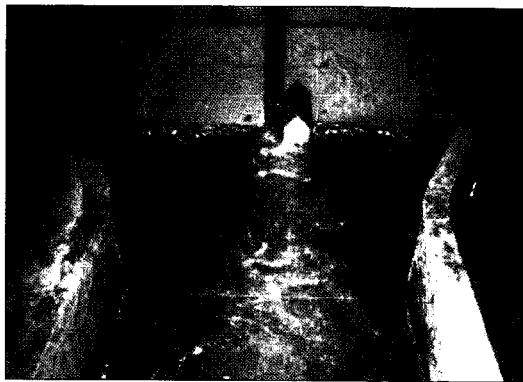
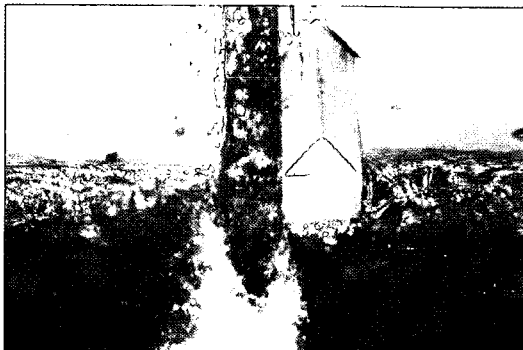
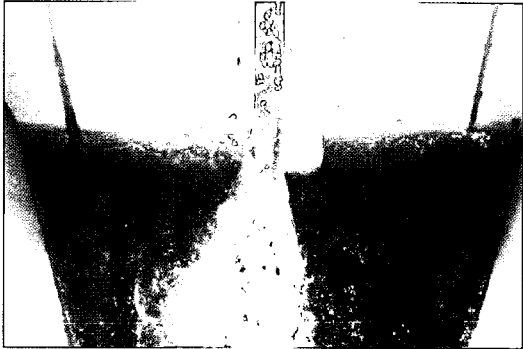
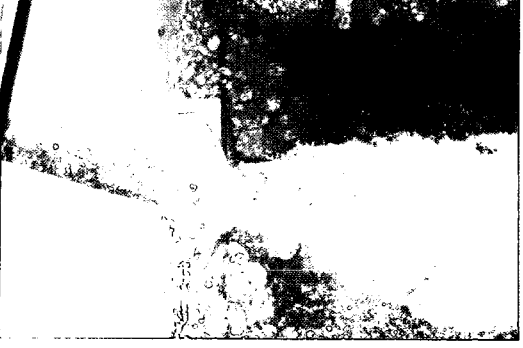
対策なし (現況)		
CASE4-1		
CASE4-2		
CASE4-3		

写真-5.4 デフレクタ長の変化による検討ケースの減勢池内の流況

5.3.2.2 減勢池への流入角度の変化させた場合

減勢池への流入角度の変化による検討ケースのパワースペクトルを図-5.10 に示す（流況は写真-5.5）。図には比較のため CASE4-3（ $\theta = 0$ 度に相当）の結果も示している。

図より、オーバーオール音圧レベルについては、流入角度を設けない CASE4-3 の場合が最も小さく、流入角度を設けた場合には現況に近くなっている。また、パワースペクトルについては、概ね 10Hz 以下の周波数帯では各ケースとも大きな差異はないが、流入角度を設けた場合には特に 10Hz を越える周波数帯で音圧レベルが大きくなっている。

なお、流入角度が大きいほど減勢池への突入時の跳ね上がりは小さくなる傾向にあるが、必ずしもパワースペクトルは流入角度が大きいほど現況に近づくわけではない。これは、流入水深等が関係しているものと思われる。

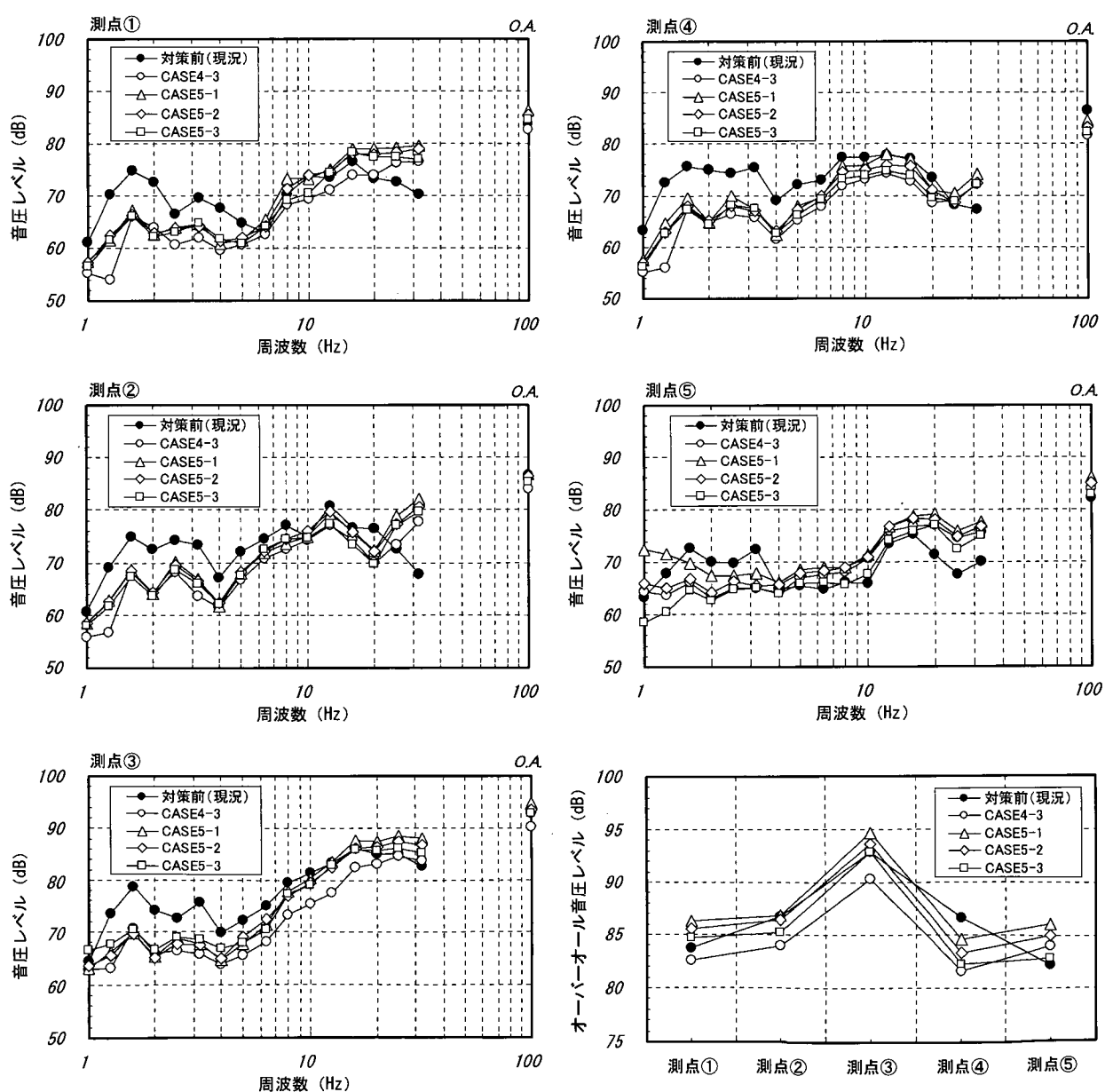


図-5.10 減勢池への流入角度の変化による検討ケースのパワースペクトル

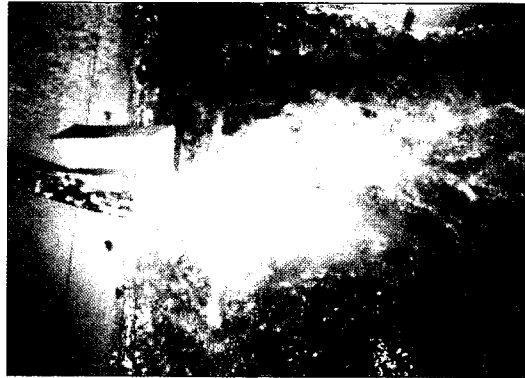
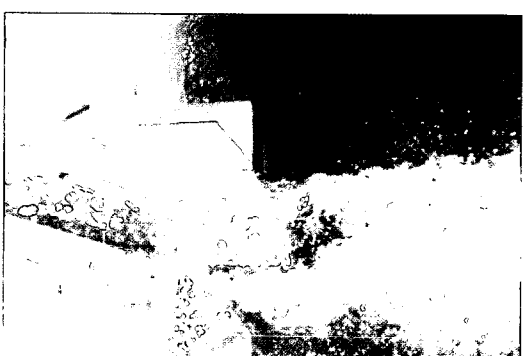
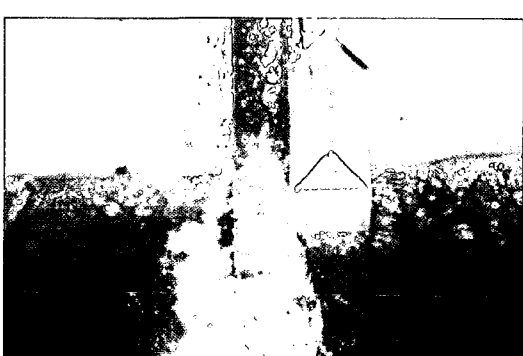
対策なし (現況)		
CASE5-1		
CASE5-2		
CASE5-3		

写真-5.5 減勢池への流入角度の変化による検討ケースの減勢池内の流況

5.4 総合評価

基本検討で得られた低周波音低減効果の高いデフレクタ案について、更にコンパクトかつ効果的な形状を求めるため、デフレクタ長及び減勢池への流入角度を変化させた場合について検討を行った。検討結果をまとめると以下のとおりであり、詳細検討で得られたデフレクタ形状を図-5.11 に示す。

- (1) デフレクタ高を最適であると考えられる $W_1=8.75\text{m}$ とした場合、デフレクタ長の違いが放流音特性に与える影響は小さい。すなわち、デフレクタ終端位置については、デフレクタ構造や経済性等を踏まえ、バケットカーブ終端から-10m の範囲で自由に決めてよい。
- (2) デフレクタには流入角度を設けず ($\theta = 0$ 度)、水平に放流するのが望ましい。

ここで、デフレクタの最適形状における減勢池内の流況等の確認を行った。図-5.12 にデフレクタ設置前後における減勢池内の流況、ならびに副ダム天端及び減勢工末端部における流速分布を示す。デフレクタは CASE4-1 の形状とし、放流条件はこれまでの検討と同条件とした。先に述べたように、放流水脈はデフレクタにより表面波状射流となるが、減勢池長が長いので副ダム付近ではやや水面変動が残るものの流況はかなり改善される。また、水位低下設備の影響により若干右岸側に寄った流れとなるが、副ダム天端及び減勢工末端部における流速はデフレクタの設置前後で大きな差異はなく、表面波状射流による下流河川への影響はほとんどないと考えられる。

なお、デフレクタを設置した場合の非常用洪水吐きからの放流時に及ぼす影響については、次章で検証を行う。

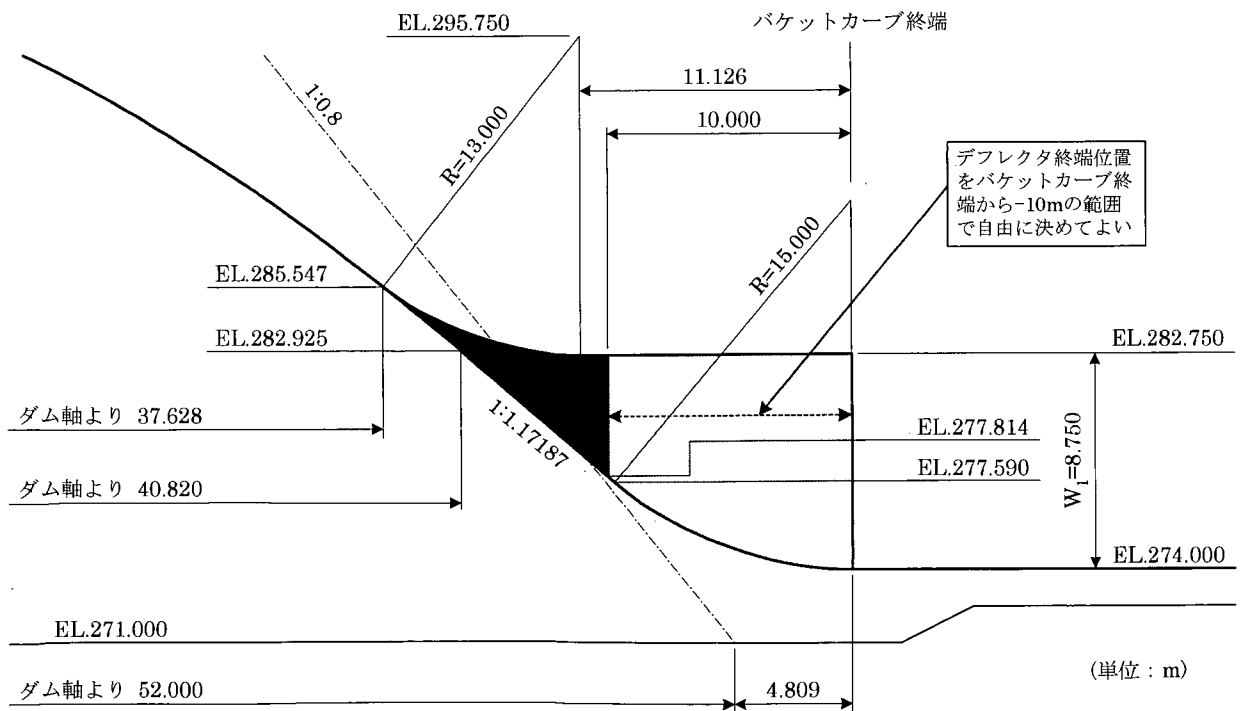


図-5.11 詳細検討で得られたデフレクタ形状

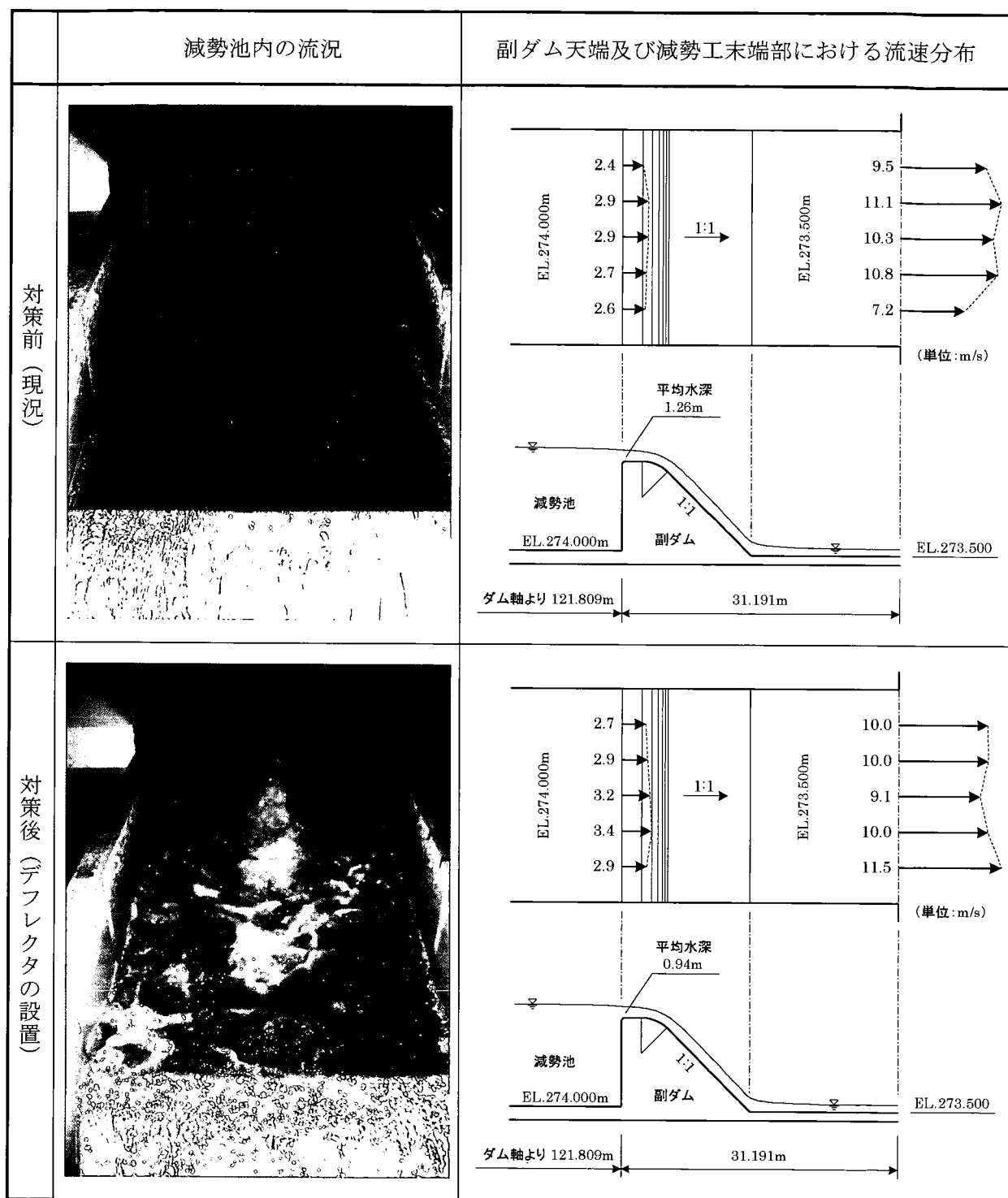


図-5.12 デフレクタ設置前後における流況及び流速分布の比較

6. 洪水時の減勢に及ぼす影響の検証

三春ダムの減勢工は、副ダムによって下流水深を確保し、水平水叩き上に強制的に発生させた跳水により水のエネルギーを減殺する型式であり、水理検討によりその最適形状が求められている。

一方、前章において提示した低周波音低減対策工では、減勢工内にデフレクタを設置（図-5.11 参照）することから、デフレクタによる非常用洪水吐き放流時の減勢に及ぼす影響が懸念された。そのため、ここでは別途製作した洪水吐き全体模型（TYPE-B 模型：2.2.3 参照）を用いて、対策工（デフレクタ）の有無による洪水時の減勢に及ぼす影響の検証を行った。

検証ケースは表-6.1 に示すとおりである。デフレクタは前章の検討結果を踏まえ、デフレクタ長の最も長い CASE4-1 と最も短い CASE4-3 の 2 形状とし、ダム設計洪水流量 $2,200\text{m}^3/\text{s}$ （設計洪水位）及び計画高水流量 $700\text{m}^3/\text{s}$ （サーチャージ水位）の 2 放流条件について、減勢工内の流況、水面形及び流速の測定を行った。なお、 $2,200\text{m}^3/\text{s}$ 放流時における流量配分は放流機能式（2.3.2 式(1),(2) 参照）による計算値である。

表-6.1 対策工による洪水時の影響検証ケース一覧

放流条件	流量配分		貯水位	測定項目	実験形状
	クレスト	コンジット			
ダム設計洪水流量 ($2,200\text{m}^3/\text{s}$)	$1,989\text{m}^3/\text{s}$	$218\text{m}^3/\text{s}$	設計洪水位 (EL.334.0m)	・減勢工内の流況 ・減勢工内における 水面形及び流速	・現況 ・CASE4-1 ・CASE4-3
計画高水流量 ($700\text{m}^3/\text{s}$)	$600\text{m}^3/\text{s}$	$100\text{m}^3/\text{s}$	サーチャージ水位 (EL.333.0m)		

注) 1. デフレクタ高 $W_1=8.75\text{m}$ (W_1 は減勢池底面 EL.274.0m からの高さ)

2. ダム設計洪水流量の流量配分は放流機能式（2.3.2 式(1),(2)）による計算値

写真-6.1,6.2 に対策工（デフレクタ）の有無による減勢工内の流況の比較を、図-6.1～6.3 に水面形及び流速の比較をそれぞれ示す。水面形及び流速の測定位置は、左右岸側壁沿い及び中央の 3 測線について、各々ダム軸から 50m～140m 区間（10m ピッチ）、60m～120m 区間（20m ピッチ）とした。また、流速は減勢状況の比較のため、減勢工底面流速とした。

まず、放流量 $2,200\text{m}^3/\text{s}$ の場合をみると、デフレクタを設置したケースでは、コンジットからの放流水脈はデフレクタ及び貯水位低下設備によりやや右岸側に偏った表面射流となるが、跳水による大きな乱れによって、その影響もすぐに消失する。また、デフレクタから水平に飛び出す放流水脈の影響により、跳水始端付近で若干水面の盛り上がりが見られるが、減勢工中央部付近までくると水面形、底面流速ともにほぼ現況と同様の値となる。これらの傾向はデフレクタ長の違いにはほとんど影響しない。次に、放流量 $700\text{m}^3/\text{s}$ の場合には、上記で述べたデフレクタの影響はさらに小さいものとなり、ほぼ現況と同様の流況となる。

以上のことから、デフレクタによる非常用洪水吐き放流時の減勢に及ぼす影響はほとんどないと考えられる。

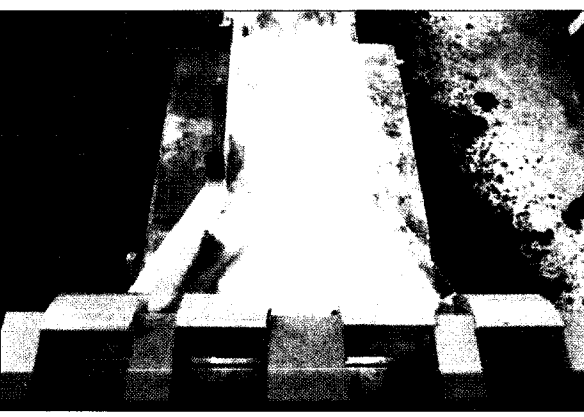
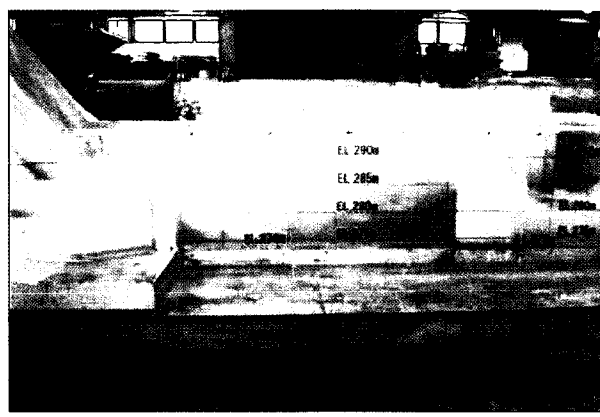
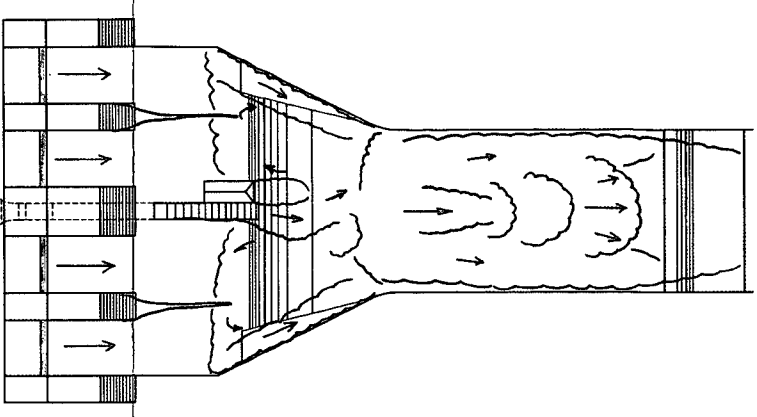
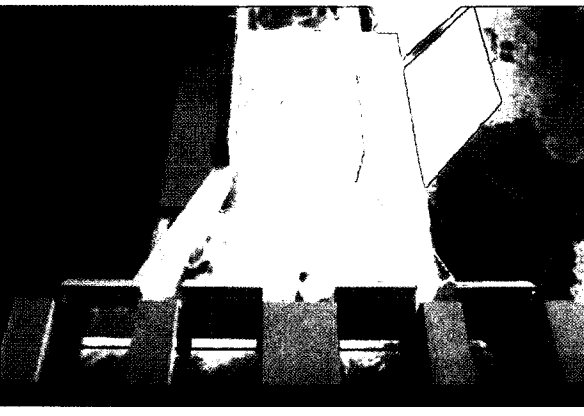
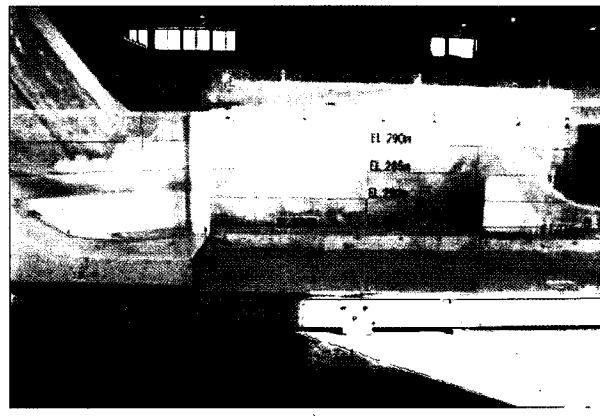
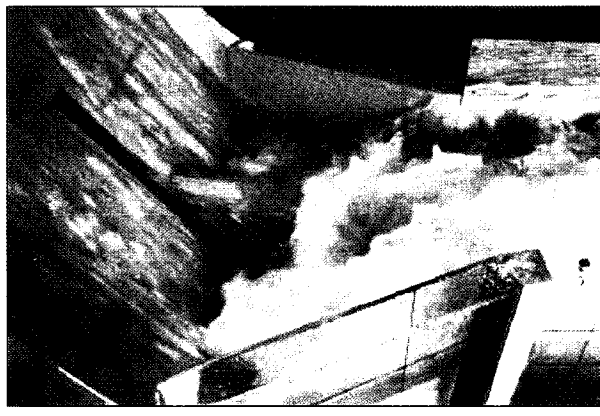
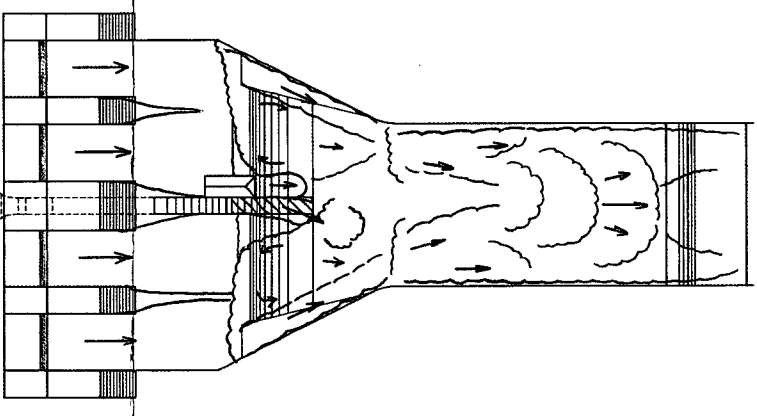
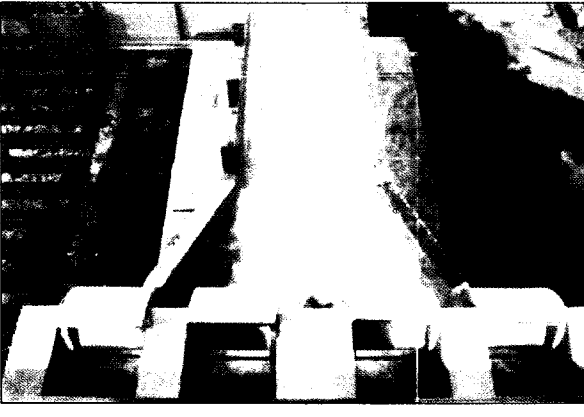
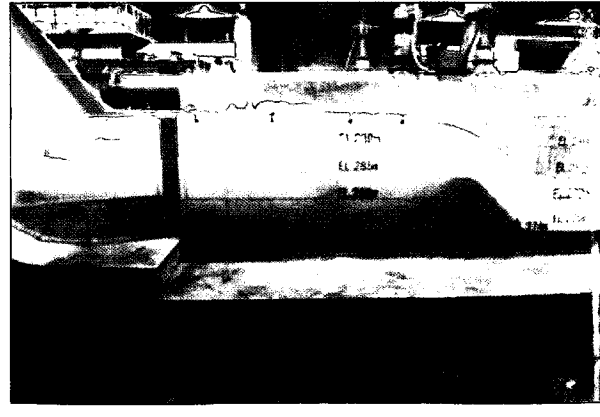
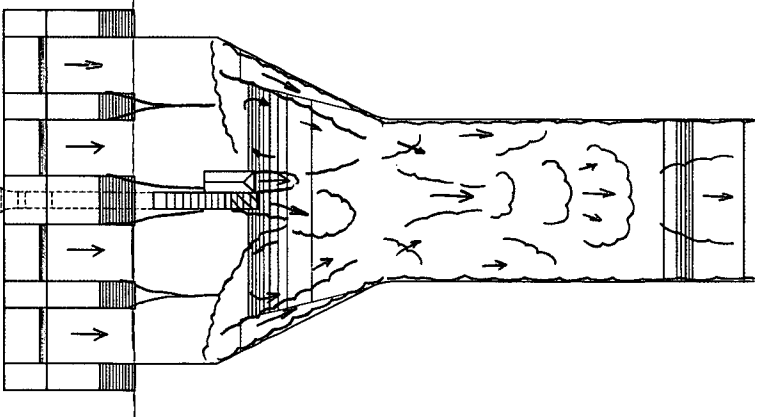
現況				
CASE4-1				
CASE4-3				

写真-6.1 対策工の有無による減勢工内流況の比較 ($Q=2,200\text{m}^3/\text{s}$)

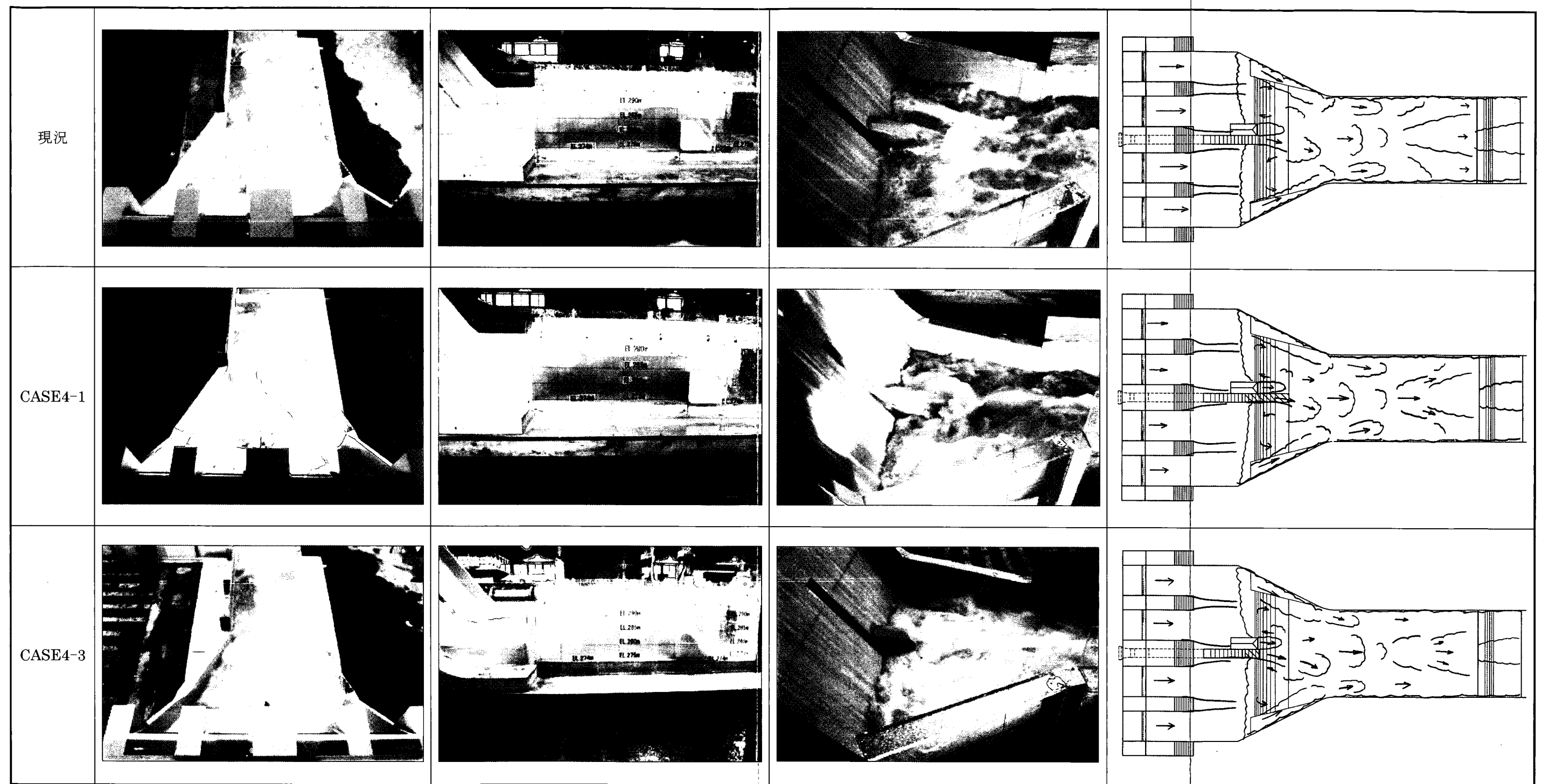


写真-6.2 対策工の有無による減勢工内流況の比較 (Q=700m³/s)

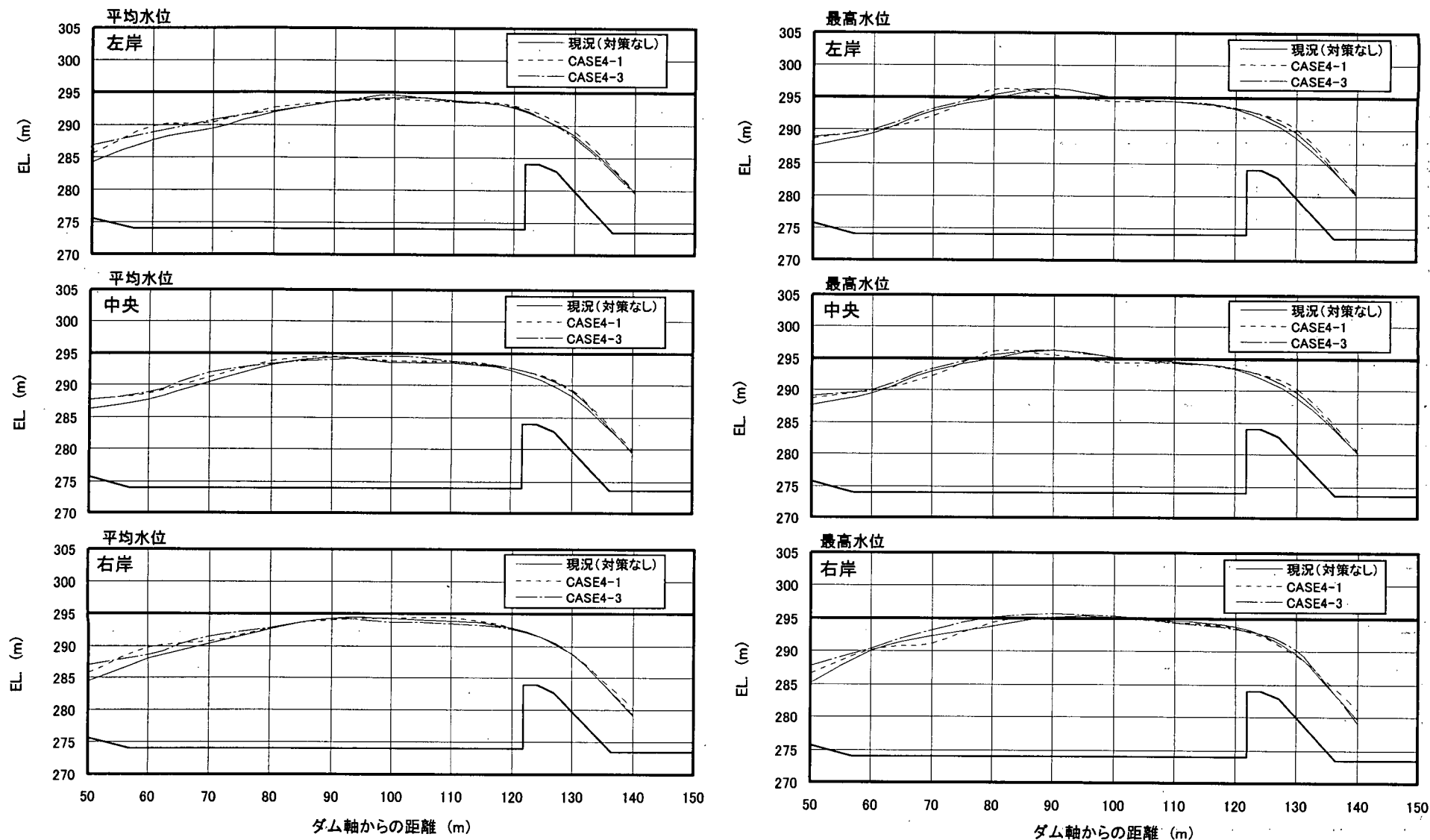


図-6.1 対策工の有無による減勢工内水面形の比較 ($Q=2,200\text{m}^3/\text{s}$)

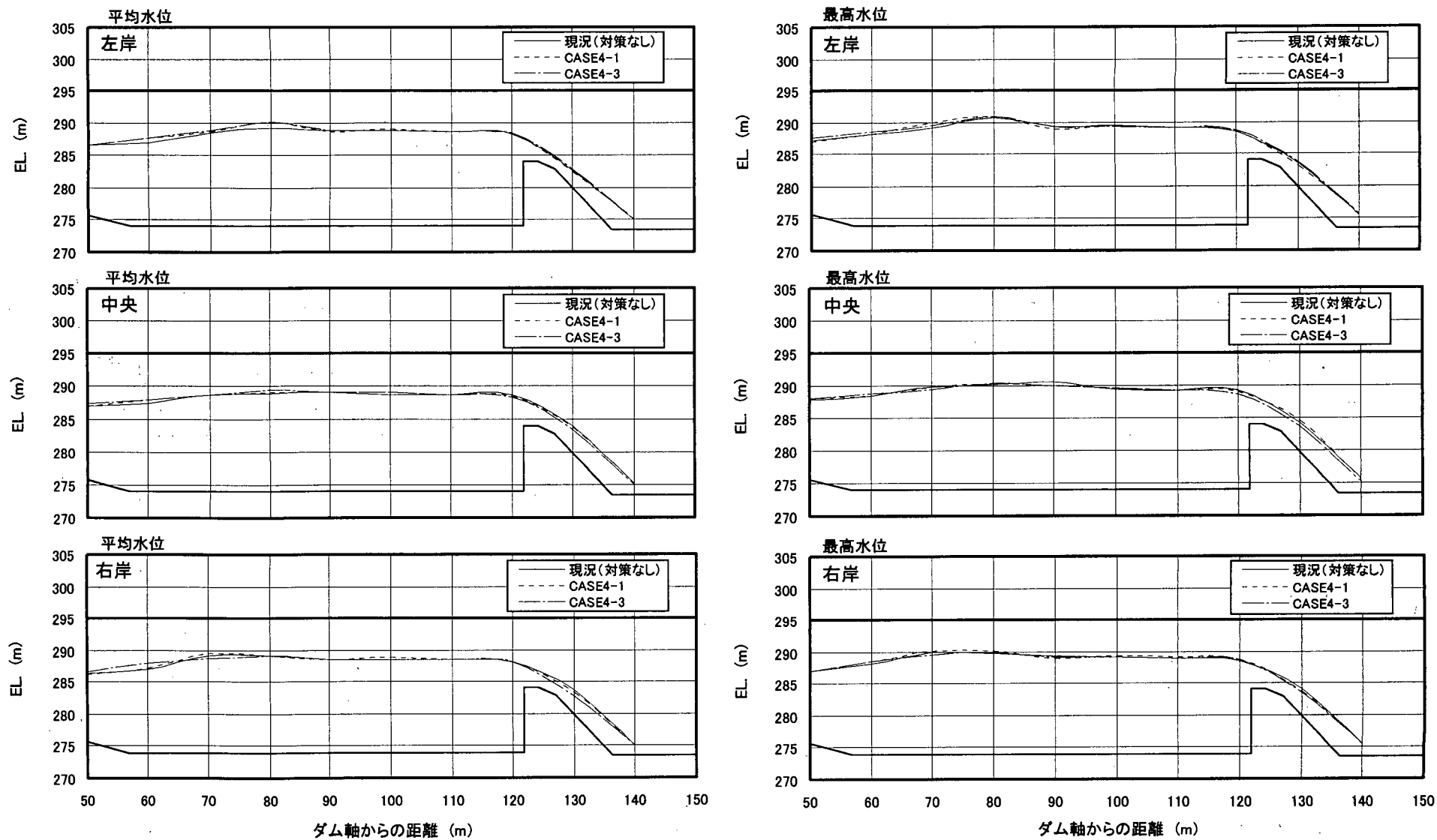


図-6.2 対策工の有無による減勢工内水面形の比較 ($Q=700\text{m}^3/\text{s}$)

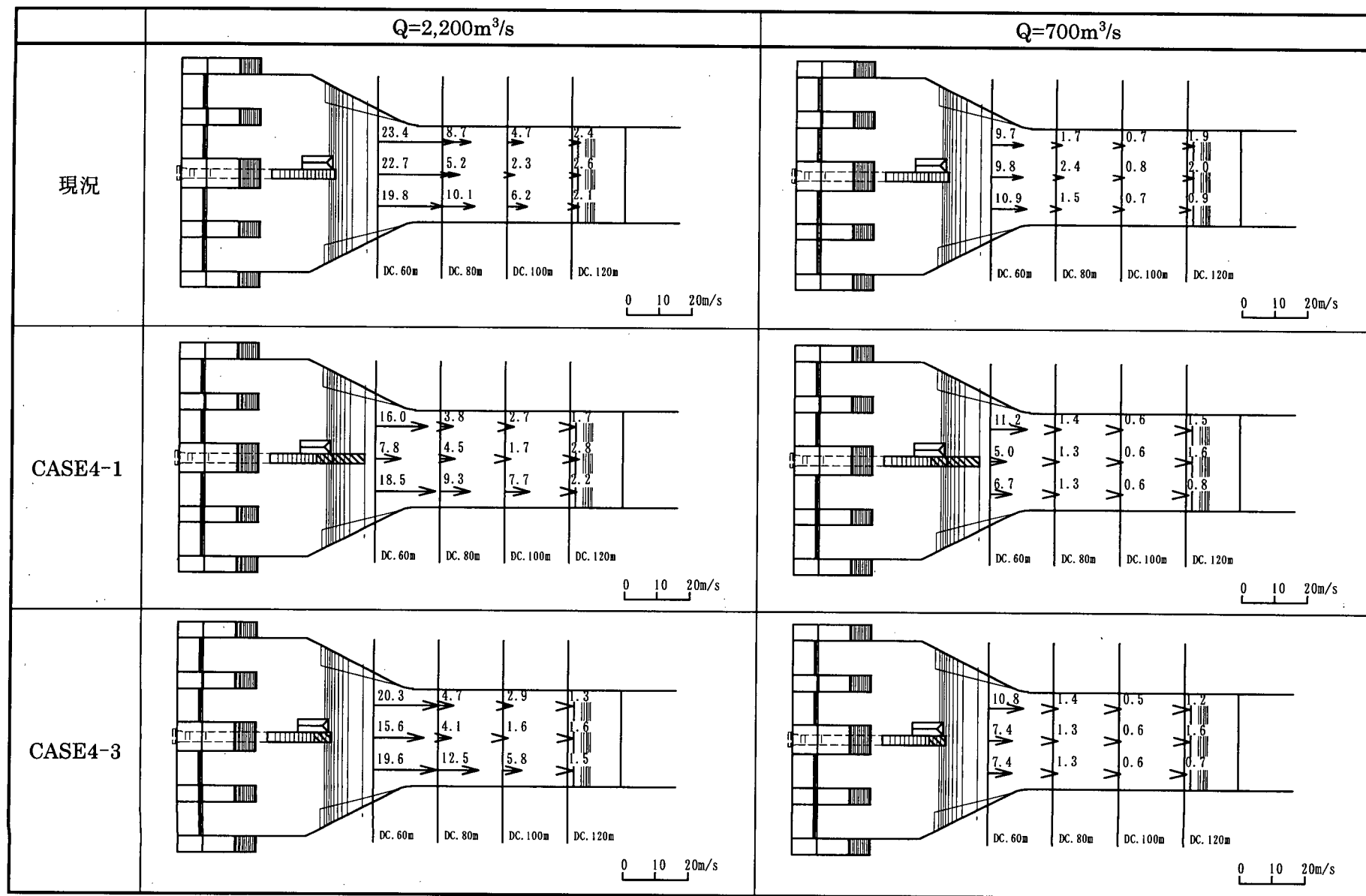


図-6.3 対策工の有無による減勢工内流速分布の比較

7. 減勢池周辺での低周波音低減効果の検証

コンジットを対象とした低周波音低減対策として、5章の検討よりコンジット出口部に高さ 8.75m、幅 3m のデフレクタを設置する案を提示するとともに、6章においてデフレクタを設置しても洪水時の減勢に特に影響を及ぼすものではないことを示した。

5章における低周波音低減対策は、音源近傍の放流音測定結果をもとに検討を行ったが、ここでは減勢池周辺域における低周波音の低減効果について検証することとする。

そこで、図-7.1～7.3 に示すように、ダム下流空間上に設定した測点について、対策前後の放流音特性の比較を行った。放流量は 20,40,60,80,100m³/s の 5 ケースとし、貯水位は全ケースとも概ね常時満水位 (EL.326.0m) 付近になるように調節した。使用した模型は 2.2 で述べたように、TYPE-A 模型であり、設置したデフレクタは終端をバケットカーブ終端に一致させた最も長い形状 (CASE4-1) とした。

まず、音響パワーレベルに関する検討結果として、各測点における音圧レベル (放流量 100m³/s の場合) を図-7.4 に示す。図-7.4 は各測点の音圧レベルを音源 (ここでは、放流水脈下面の中心線上と副ダム天端標高の交点とし、デフレクタを設置した場合も同様の位置とした) からの距離で整理したもので、点音源の半自由空間の距離減衰式 (3.2(3) 式参照) を適用した場合の近似式も併せて示している。測定値のバラツキはあるものの、空間分布は点音源からの減衰により表すことができることが分かる。デフレクタの設置により、各点のパワーレベルは音源と同様に約 2.8dB (エネルギーに換算すると約 52 %) 低減できている。

また、図-7.5 は各放流量に対して全測点の変換率 (4.2 参照) を計算し、その最大値、最小値及び単純平均値をフルード数で整理したものである。図より、変換率の最大値は対策前後においてほぼ等しく、逆に最小値及び平均値はデフレクタ設置後の方が小さくなっている。このことから、デフレクタの設置により音響パワーレベルが低減していることが伺える。

ここで、先に音響パワーレベルは流入エネルギーに概ね比例することを述べたが、図-7.4,7.5 の結果は、同一の流入エネルギーでも跳水形態を変化させることにより、音響パワーレベルを低減し得ることを示唆している。

次に、各測点のパワースペクトルを図-7.6～7.10 に示す。5章の検討と同様に、音圧レベルは実験値であるが、周波数は音の相似則により原型値に換算している。図より、ほとんどの地点において、概ね 10Hz 以下の超低周波帯の音圧レベルが低減していることが確認されるが、放流量が小さい場合には低減効果も小さく、放流量が大きくなるにつれて低減効果は大きくなる。これは、図-7.5 に示した対策前後の変換率の差からも明らかである。なお、放流量が小さい場合には、流入エネルギーも小さい (すなわち、音響パワーレベルも小さい) ことから、低周波音の影響に関しては特に問題はないと考えられる。

また、図-7.11 は放流量 100,80,60m³/s の場合における音源位置 (跳水始端と仮定した) 及び音源から 300,500m 離れた地点におけるパワースペクトルを示したものである。ここで、放流量を 60m³/s 以上を対象としたのは、70～80m³/s 程度の放流量から低周波音による建具類のガタツキが報告され

ているという状況を踏まえたためである。また、音源からダム周辺集落までの最短直線距離は概ね 300m であり、また家の多くが概ね 500m 付近に存在することから、音源から 300m 及び 500m を代表値とした。

現況及び対策後の音源位置におけるパワースペクトルについては、以下の手順で算出した。放流量 $100\text{m}^3/\text{s}$ の場合を例として示す。放流量 $80,60\text{m}^3/\text{s}$ の場合も同様の手順である。

(1) 現況

a) 現地観測結果として採用した観測日① A 地点での放流量の異なる全データのパワースペクトル比を単純平均した平均パワースペクトル比を算出する。3.3 で述べたように、パワースペクトル比は放流量に関係なくほぼ一定の形状を示していることから、この平均パワースペクトル比はコンジットのパワースペクトル比と見なせる。

b) a) で求めた平均パワースペクトル比に現地観測結果から推定した音響パワーレベル(図-3.2) を乗じたものを現況の音源位置におけるパワースペクトルとする。

(2) 対策後

c) 図-7.6(1)～(3)に示す対策前後のパワースペクトル(実験値)について、各測点の各周波数成分ごとに、対策前後のエネルギー比(対策工によるエネルギーの減衰率に相当する)を求め、各測点のエネルギー比を単純平均した平均エネルギー比を算出する。

d) c) で求めた平均エネルギー比を b) で求めた現況のパワースペクトルに乗じたものを対策後の音源位置のパワースペクトルとする。

なお、音響パワーレベルなど[dB]で表示される量はエネルギーそのものではないため、単純に加減乗除はできない。そのため、これらの量を用いる場合には一旦エネルギーに換算し加減乗除した後、再度[dB]表示に換算している。

また、300,500m 離れた地点におけるパワースペクトルについては、跳水始端を点音源とする放流音が半球状に伝搬するものと仮定して 3.2 式(3)に示す半自由区間の距離減衰式により推定した。さらに、図には、室内実験により建具類がガタツキ始めるとされているレベル²⁾も合わせて示した。

図より、放流量 $80\text{m}^3/\text{s}$ 以上では、エネルギーの大きい 2~3Hz 付近の低周波音は音源より 300m 離れた地点でも建具類がガタツキ始めるとされているレベルを超えている。建具類のガタツキについては、種類や大きさ、設置状況により異なるものと思われ必ずしも断定はできないが、現地の報告と概ね一致する傾向となっている。また、放流量 $100\text{m}^3/\text{s}$ では、音源より 500m 離れた地点でも同レベルを超えている。一方、デフレクタを設置したケースでは、全てのケースで同レベルを下回っており、少なくとも音源より 300m 以上離れば、建具類のガタツキは軽減されるものと考えられる。

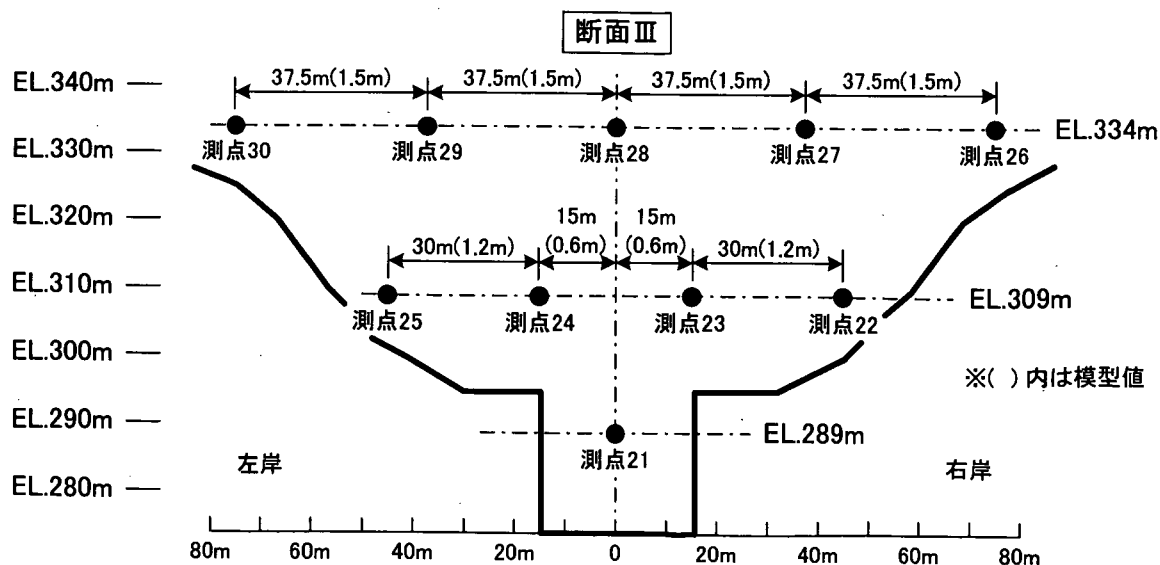
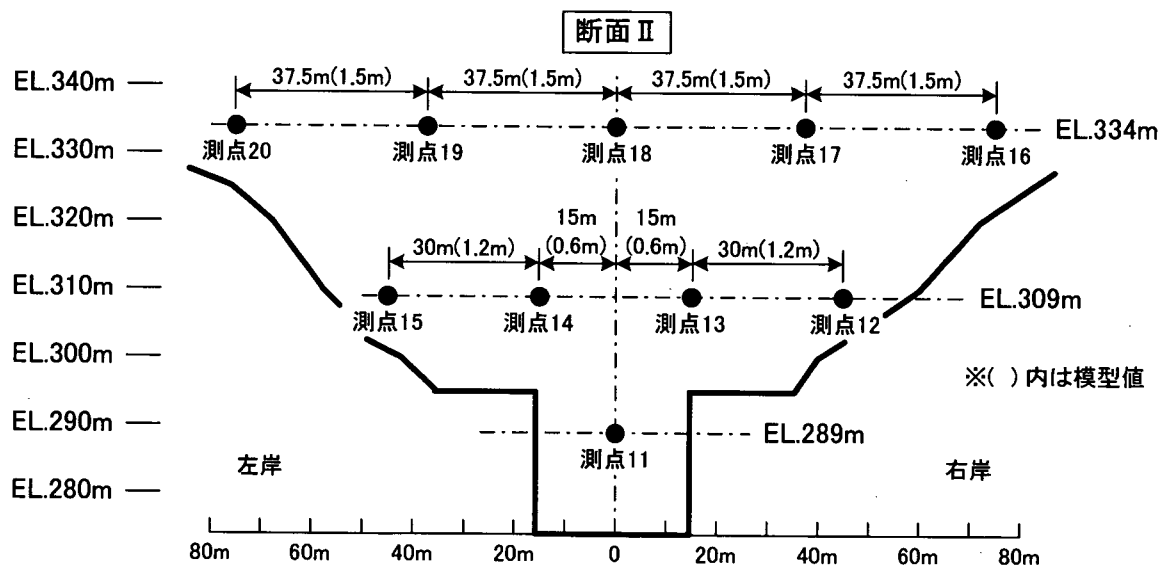
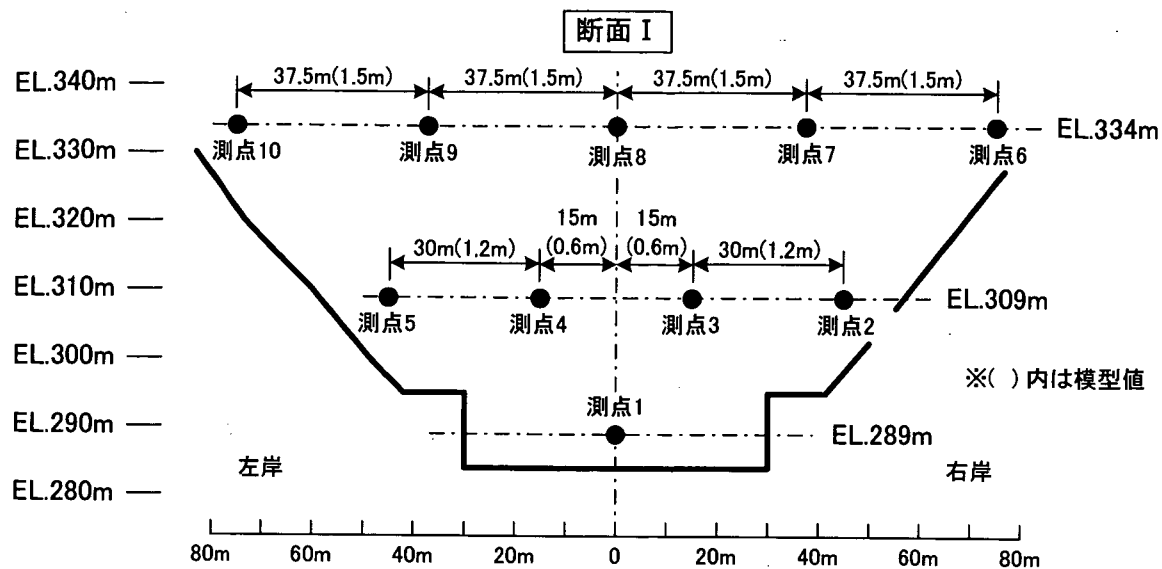


図-7.3 低減対策検証時における測定位置（断面図）

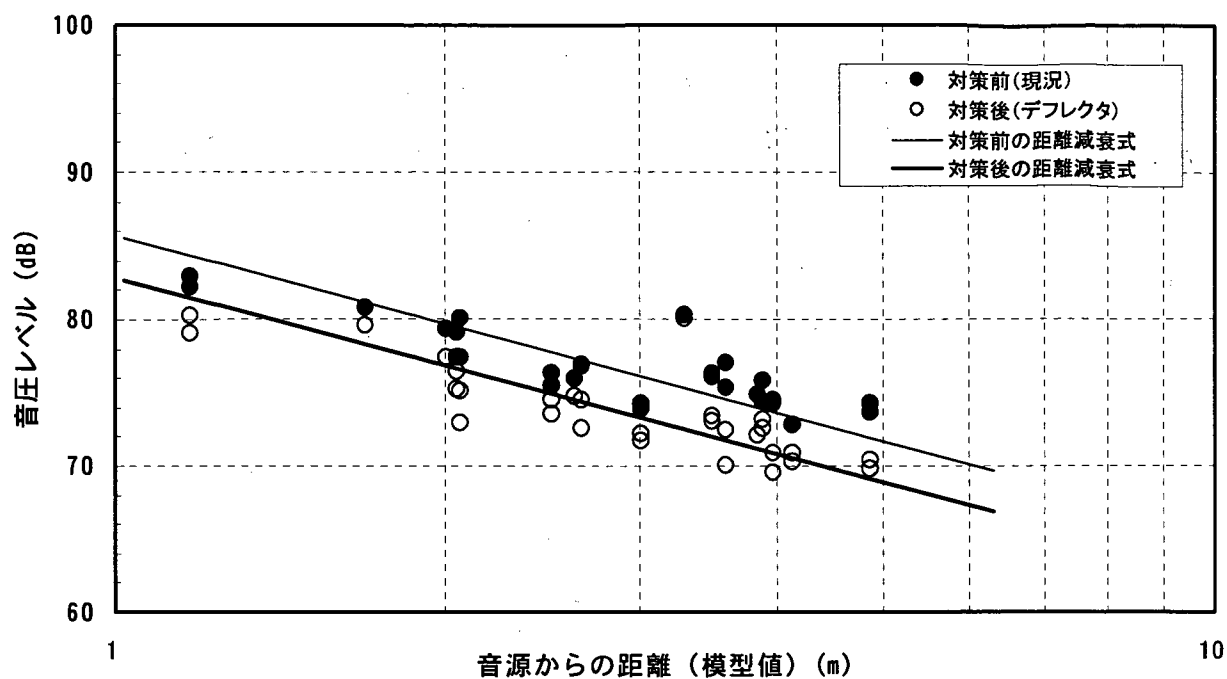


図-7.4 各測点における音圧レベル (放流量 $100\text{m}^3/\text{s}$)

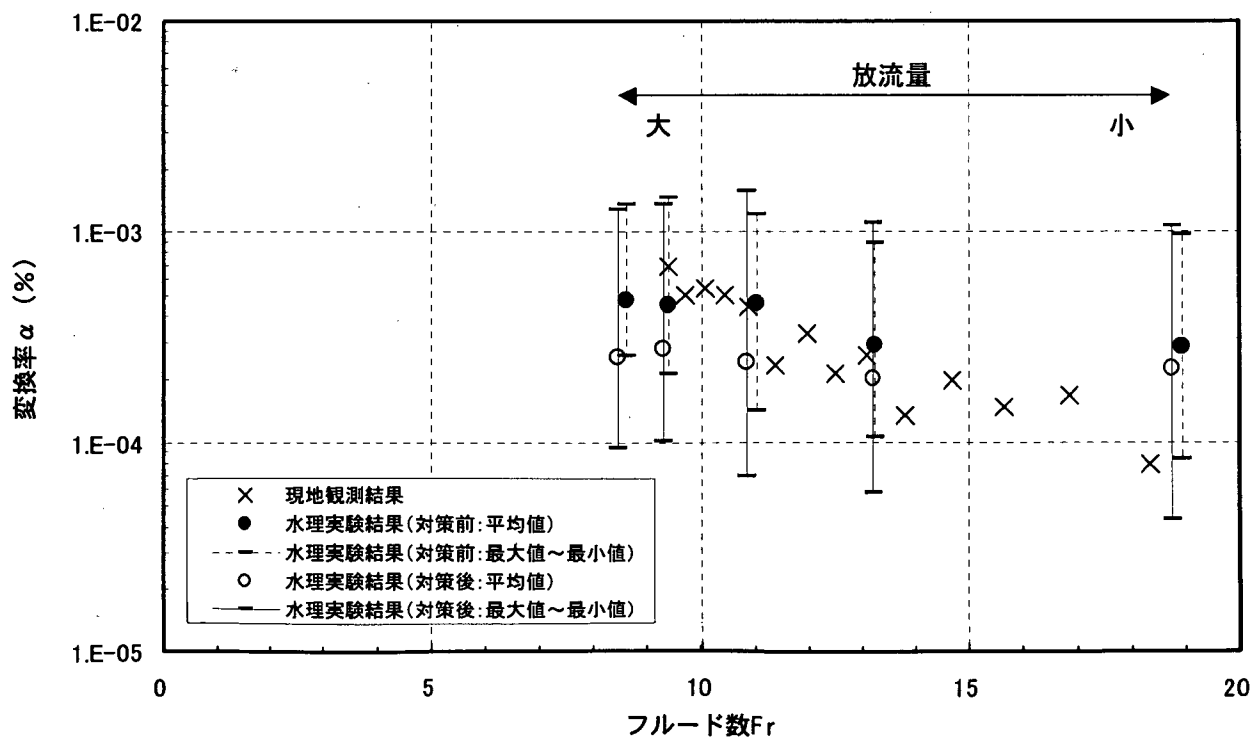


図-7.5 フルード数 Fr と変換率 α の関係

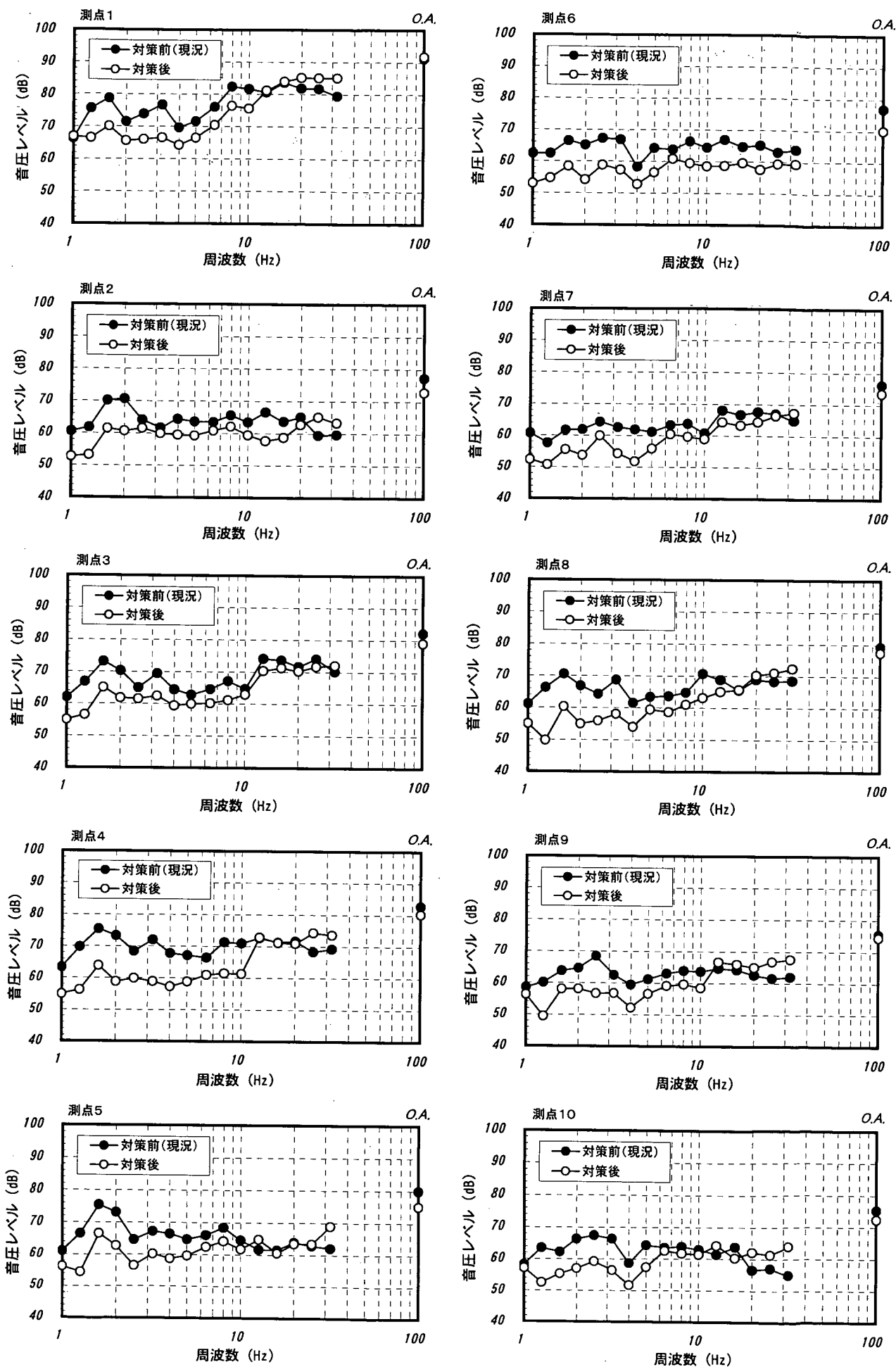


図-7.6(1) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=100\text{m}^3/\text{s}$) [測点1~10]

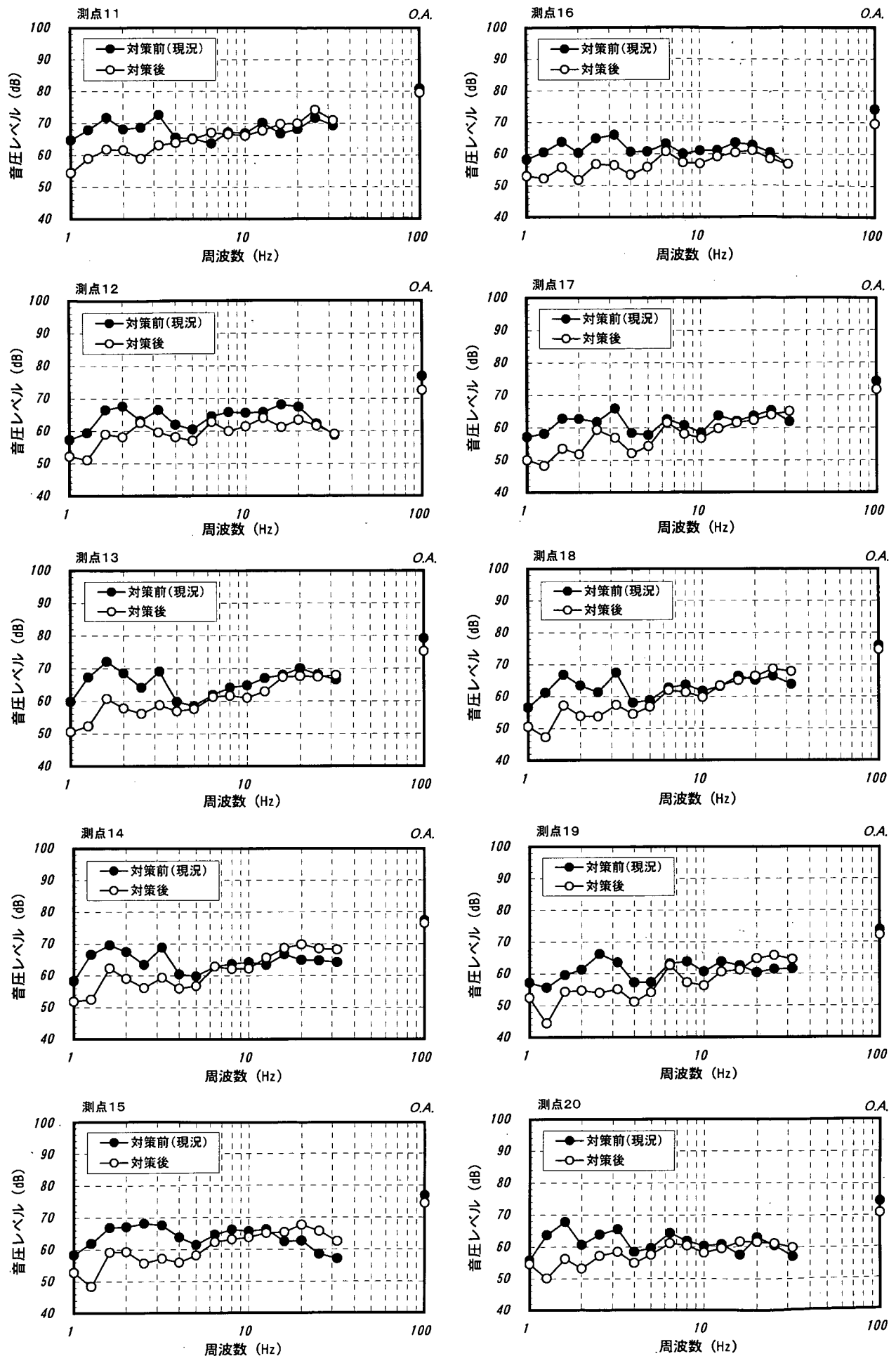


図-7.6(2) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=100\text{m}^3/\text{s}$) [測点11~20]

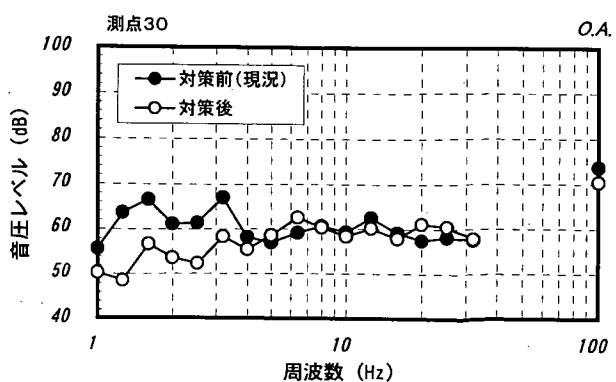
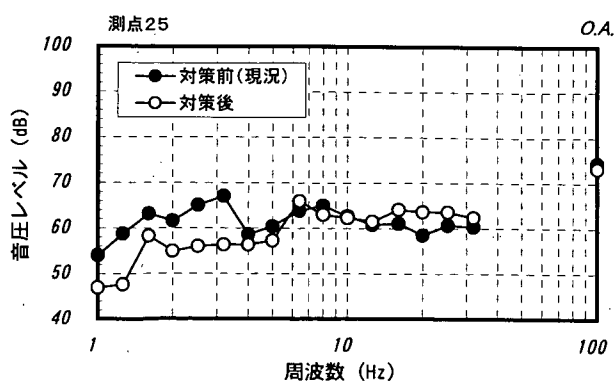
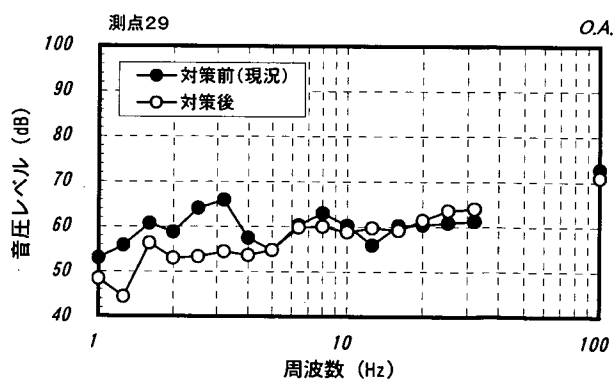
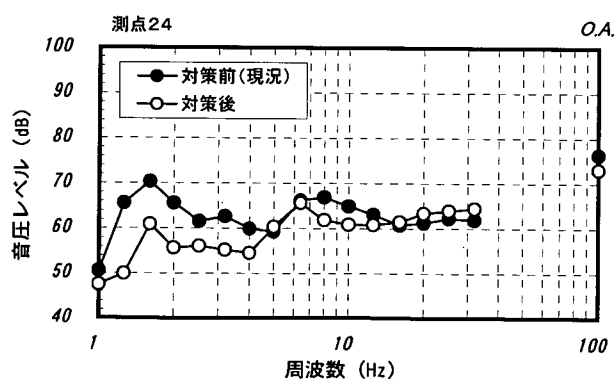
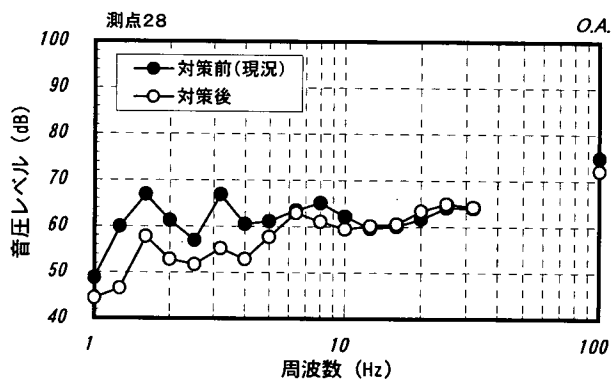
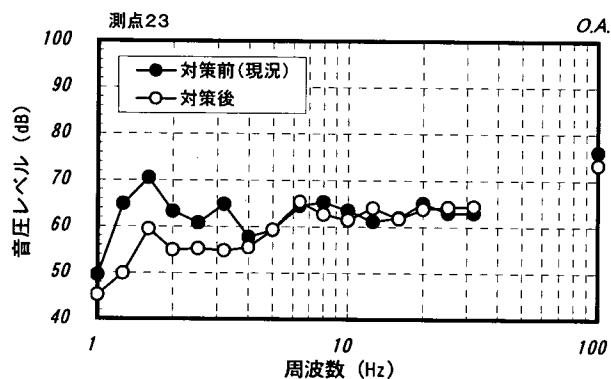
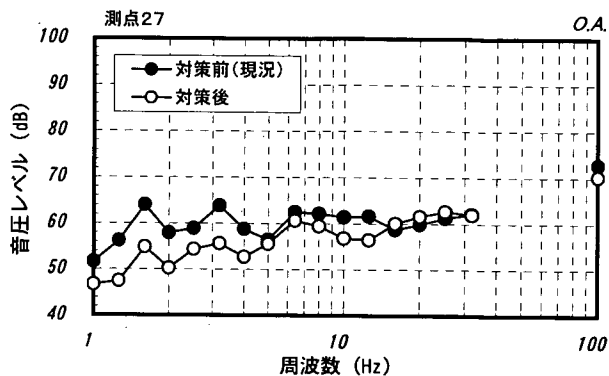
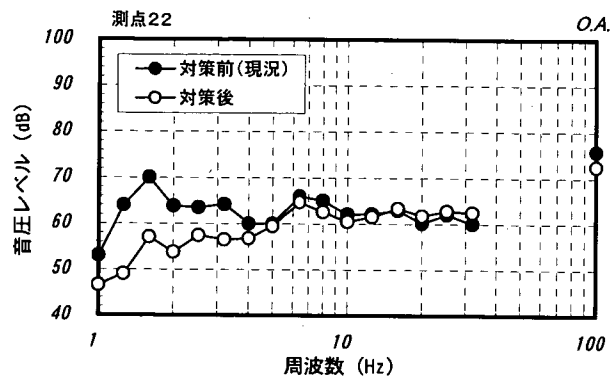
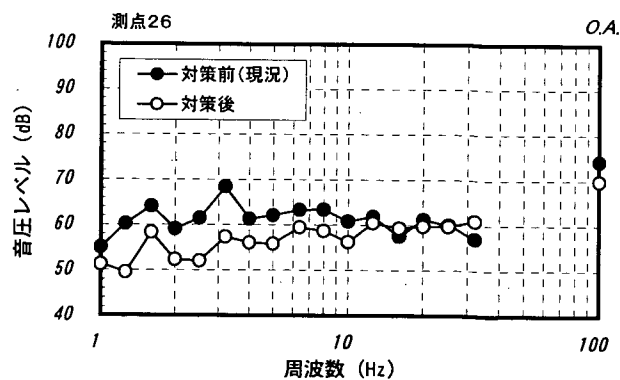
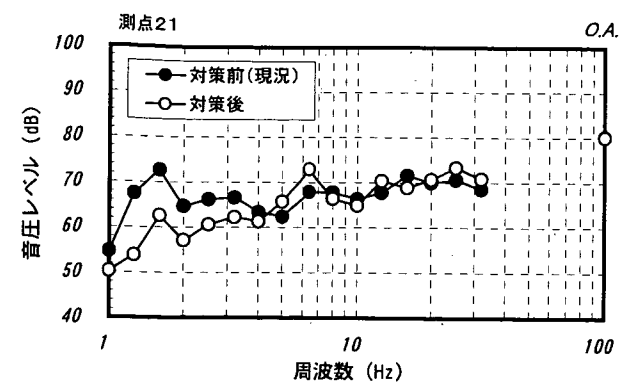


図-7.6(3) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=100\text{m}^3/\text{s}$) [測点21~30]

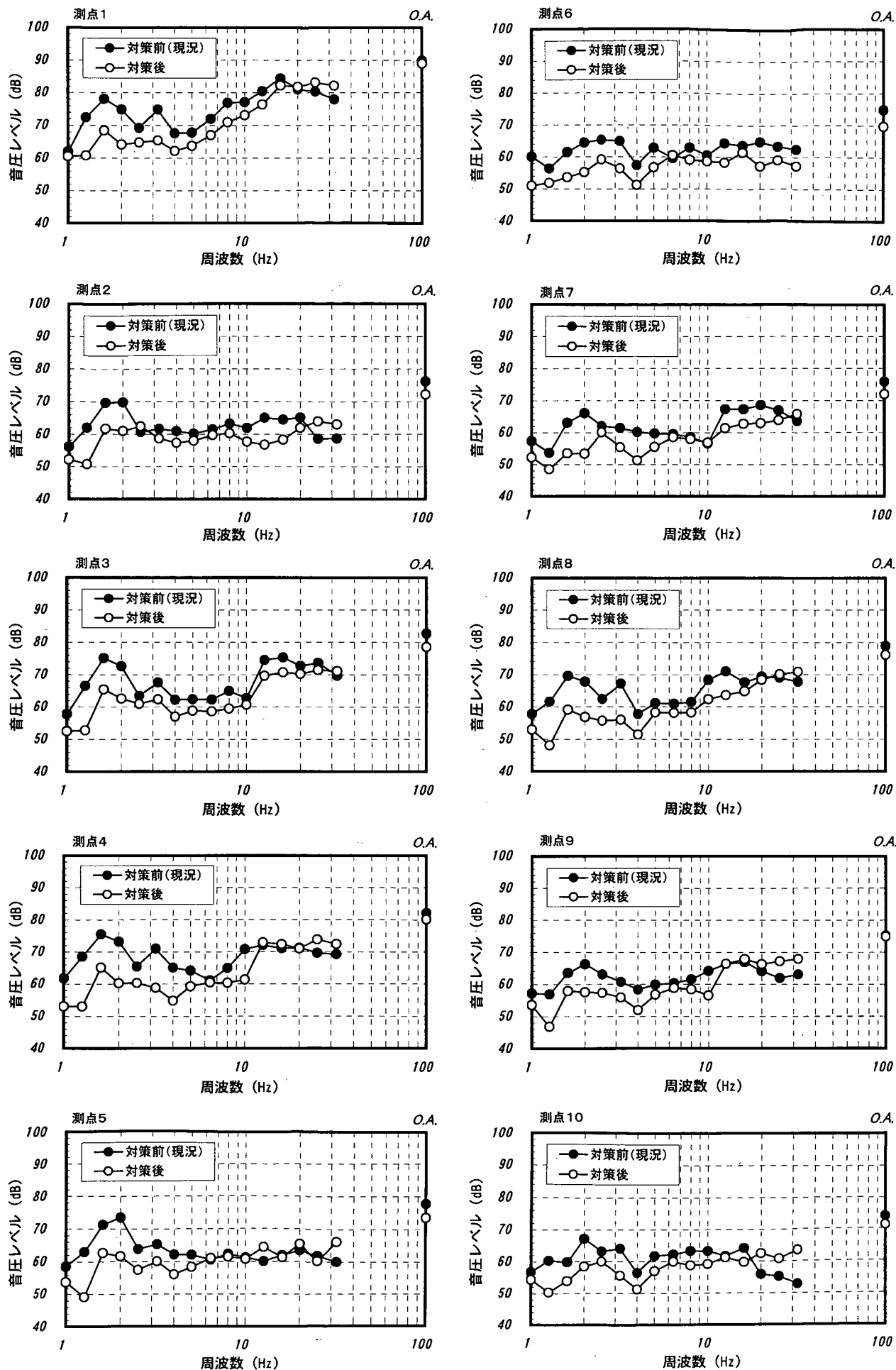


図-7.7(1) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=80\text{m}^3/\text{s}$) [測点1~10]

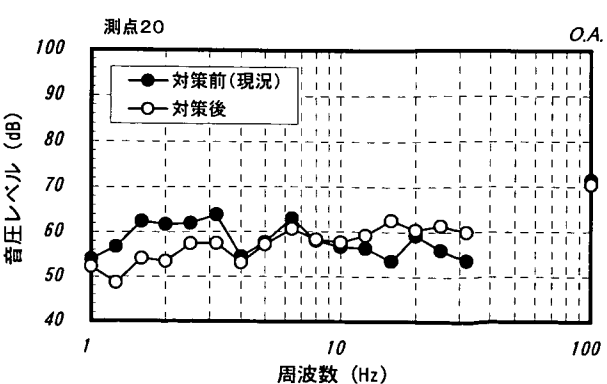
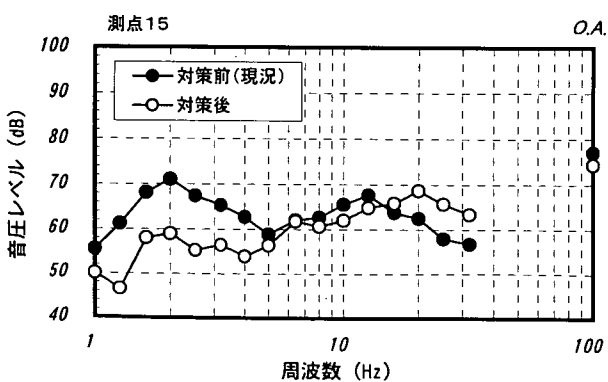
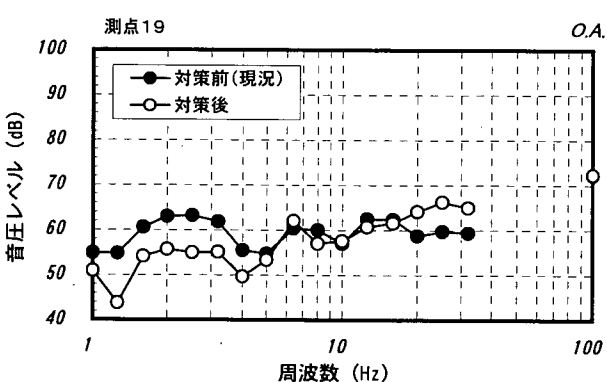
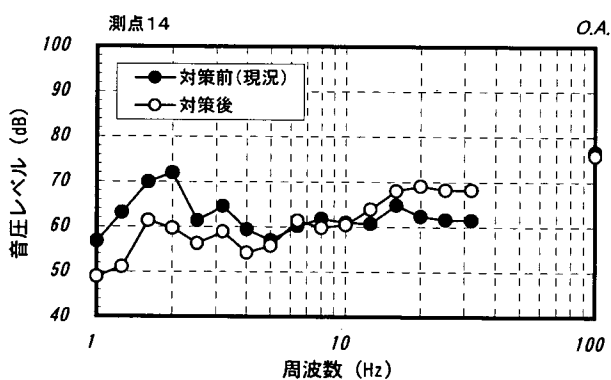
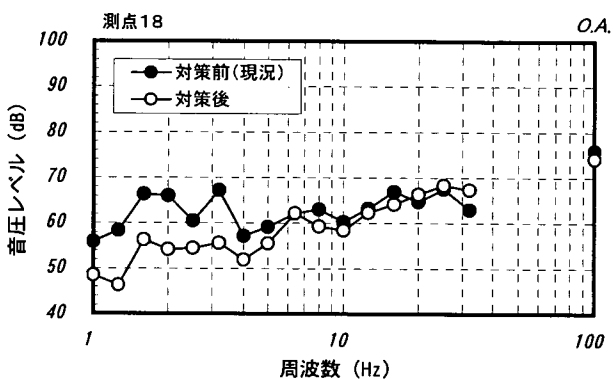
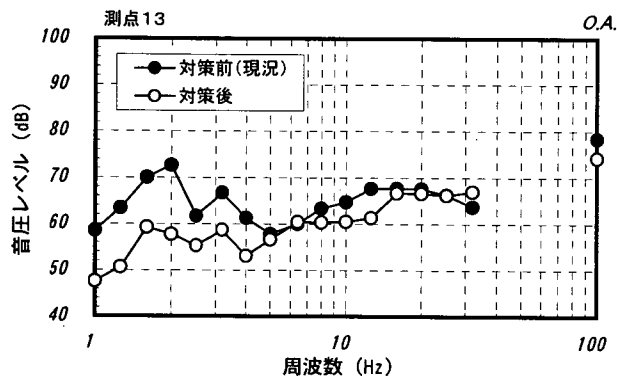
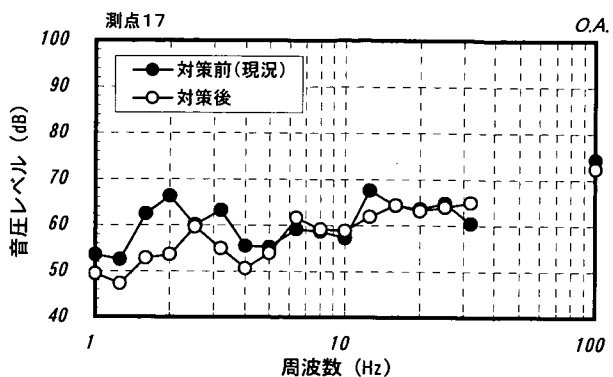
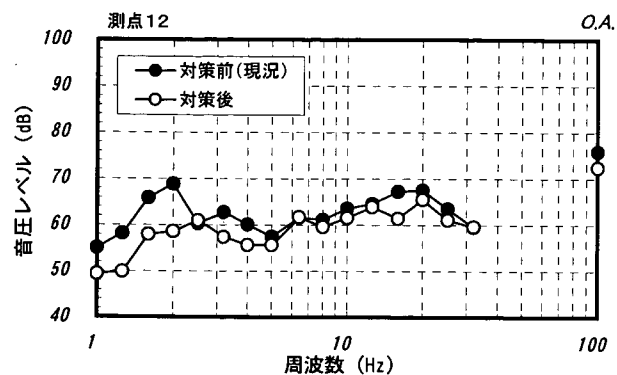
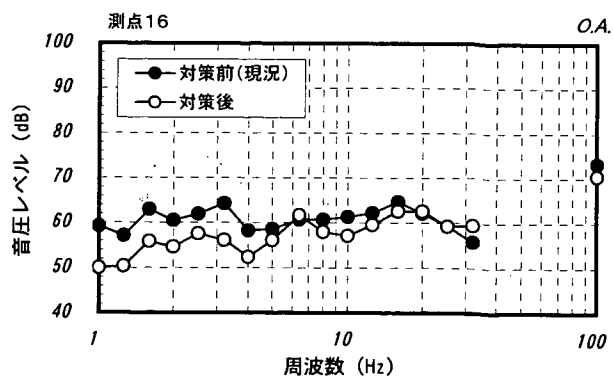
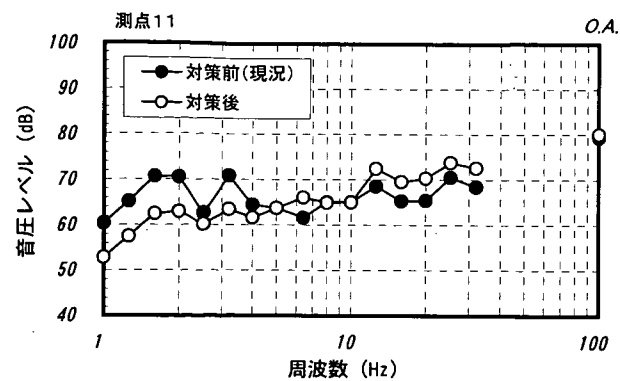


図-7.7(2) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=80\text{m}^3/\text{s}$) [測点11~20]

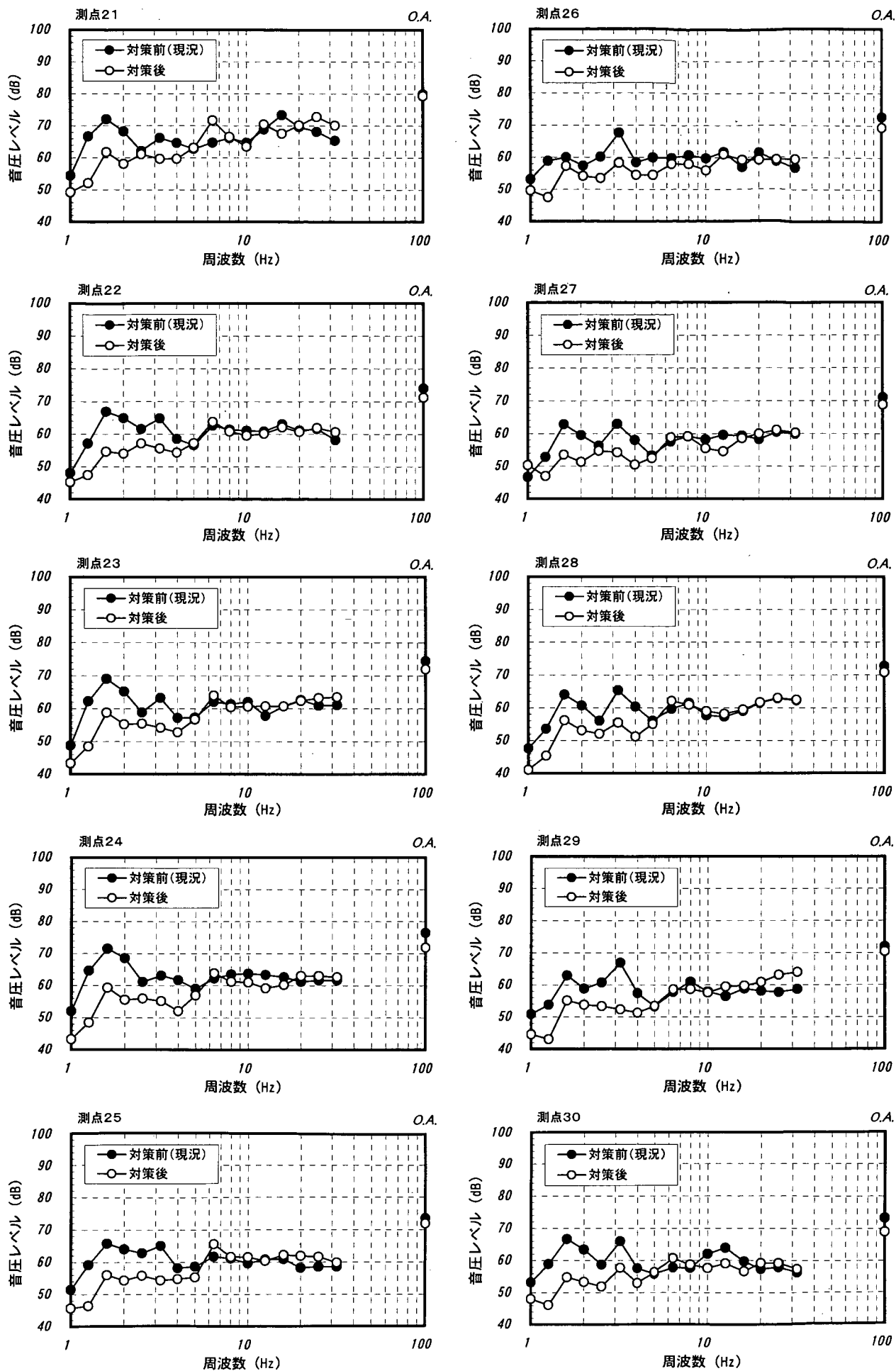


図-7.7(3) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=80\text{m}^3/\text{s}$) [測点21~30]

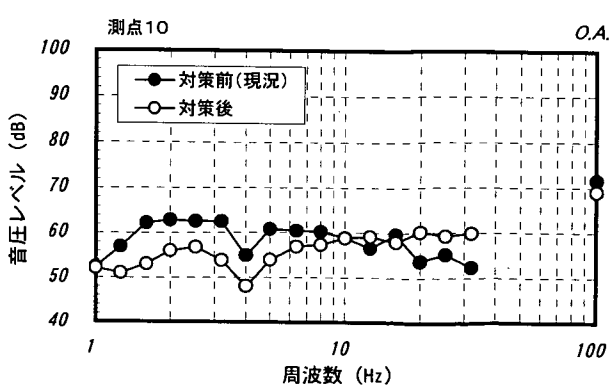
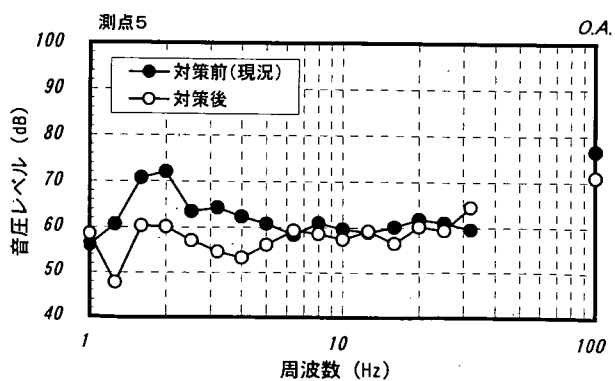
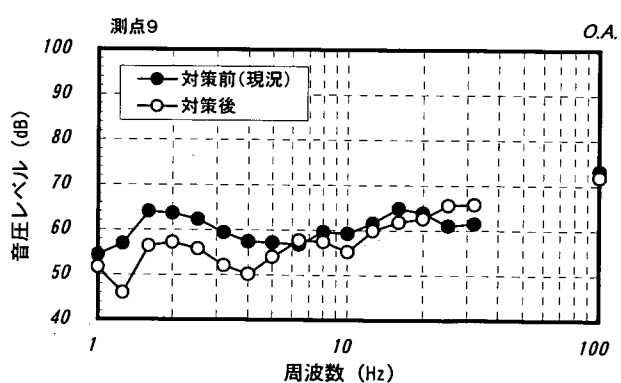
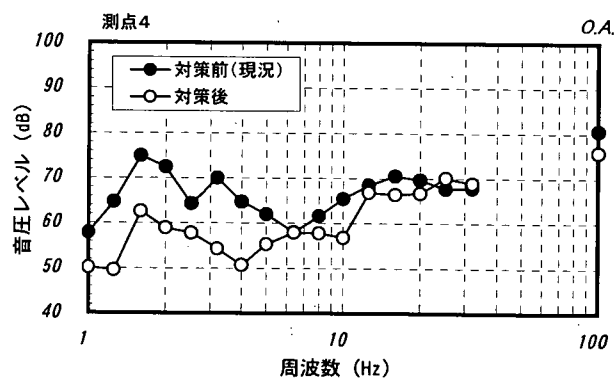
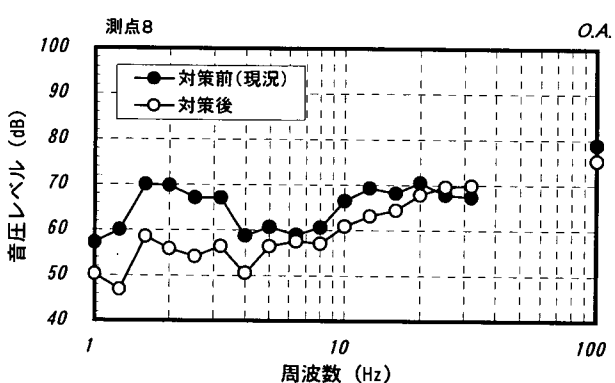
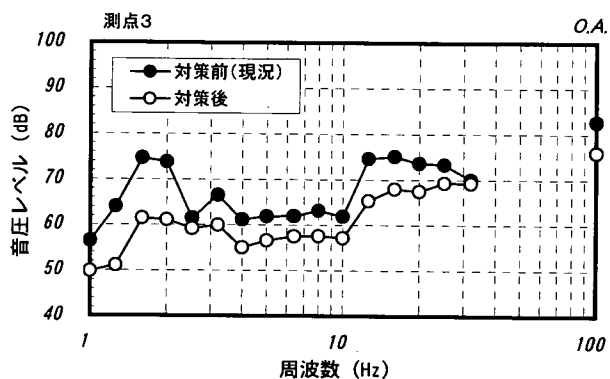
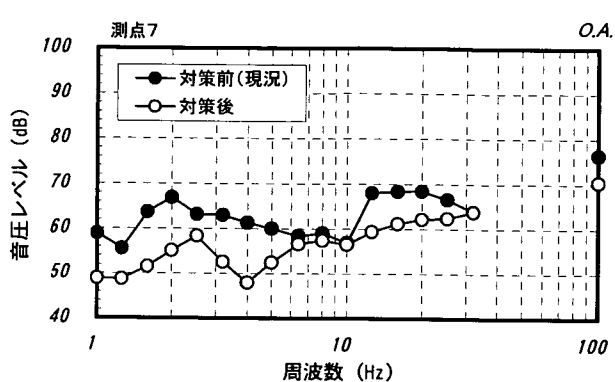
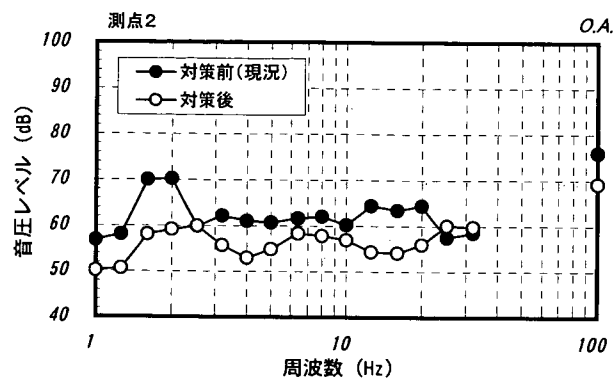
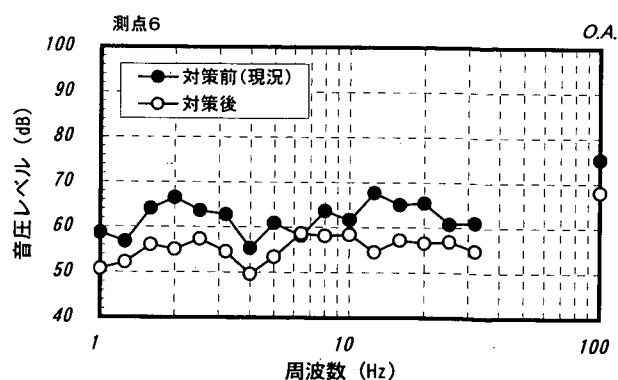
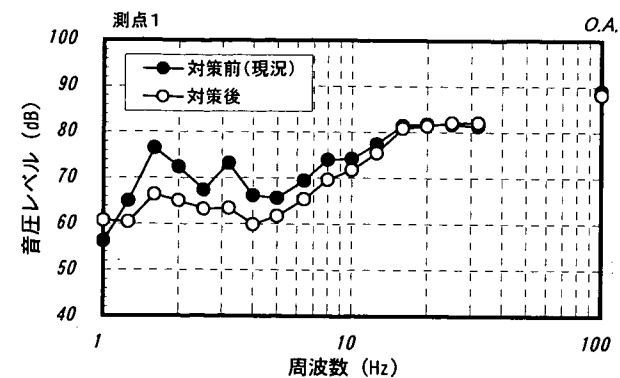


図-7.8(1) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=60\text{m}^3/\text{s}$) [測点1~10]

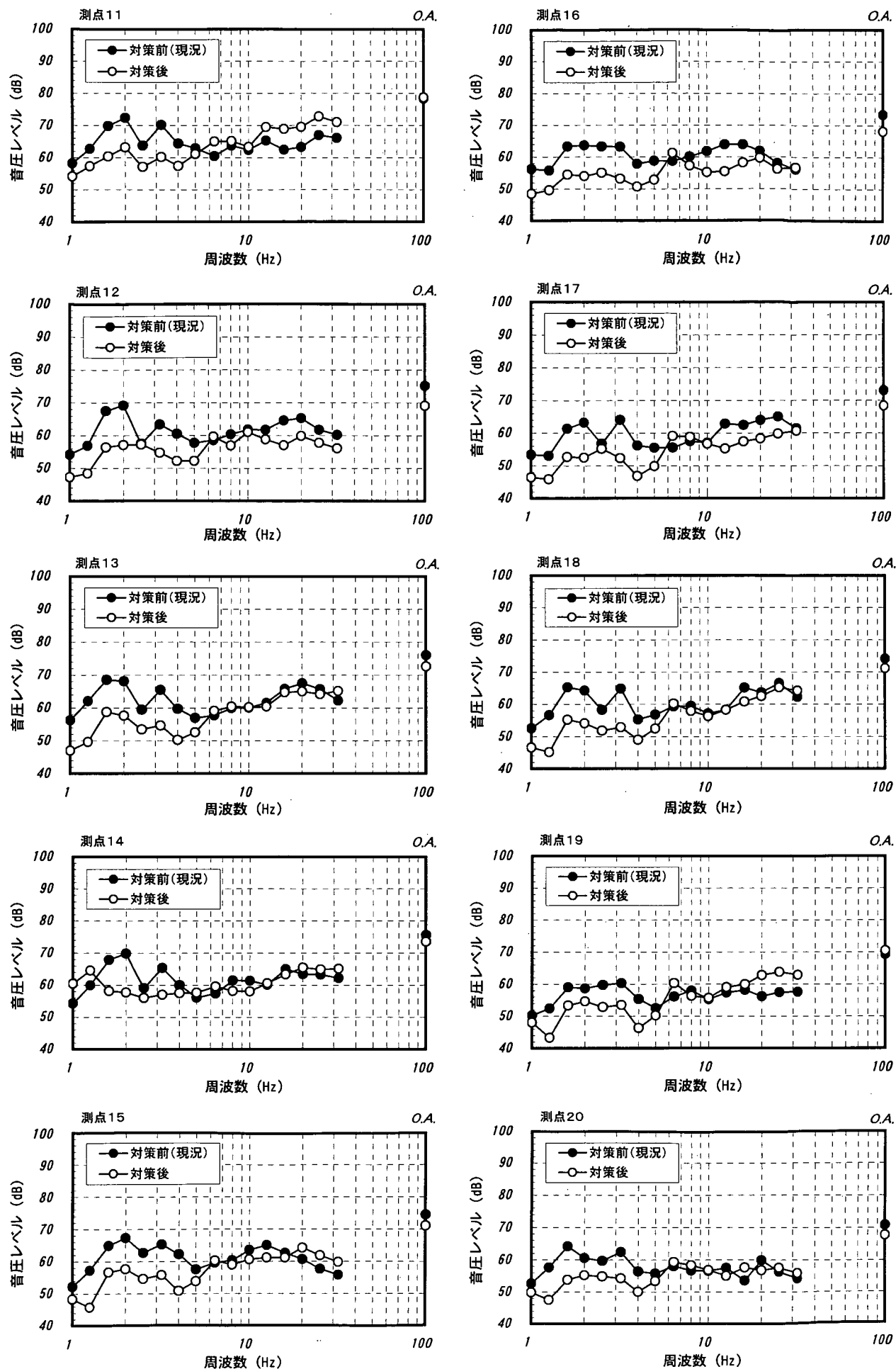


図-7.8(2) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=60\text{m}^3/\text{s}$) [測点11~20]

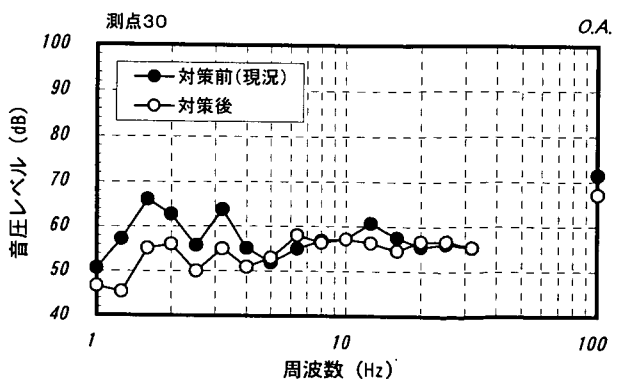
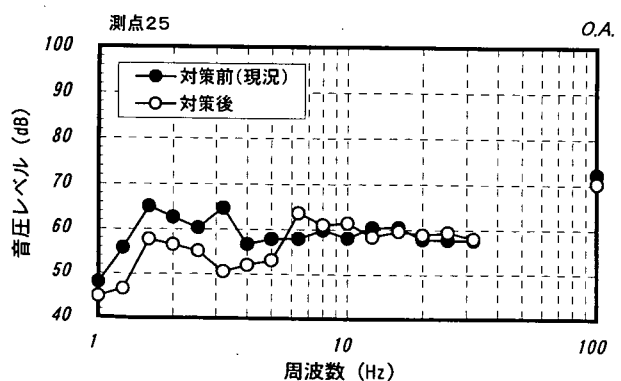
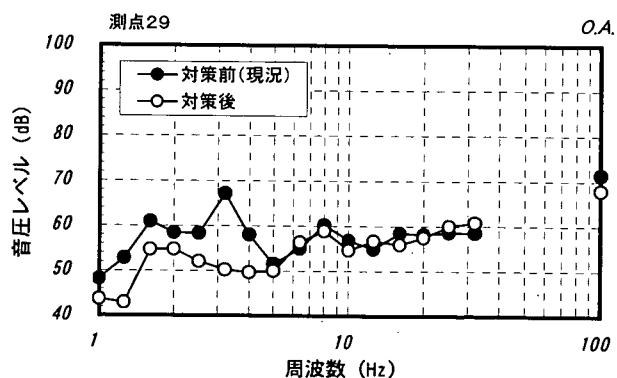
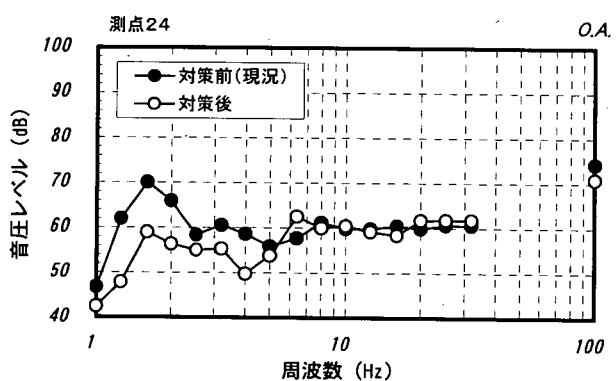
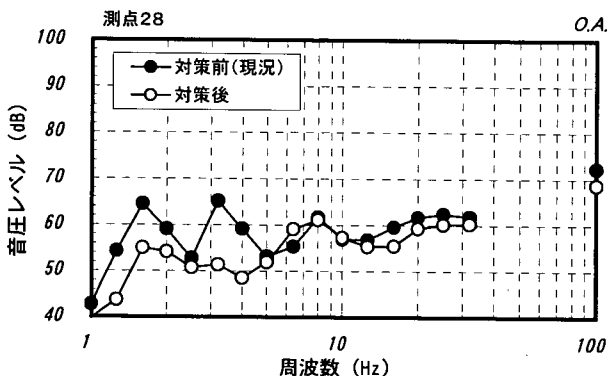
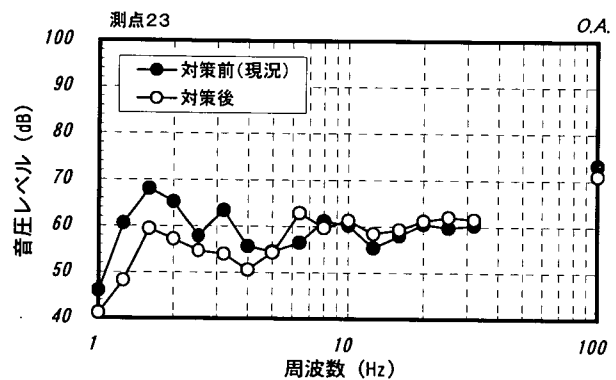
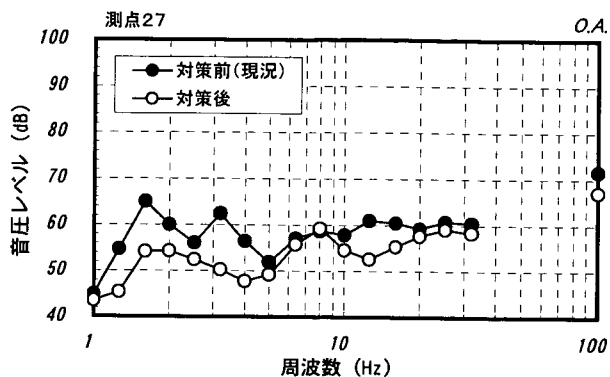
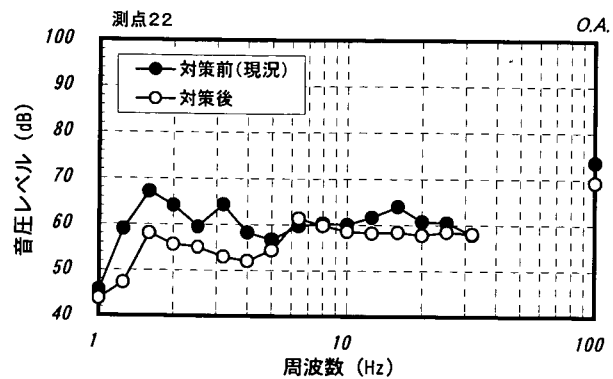
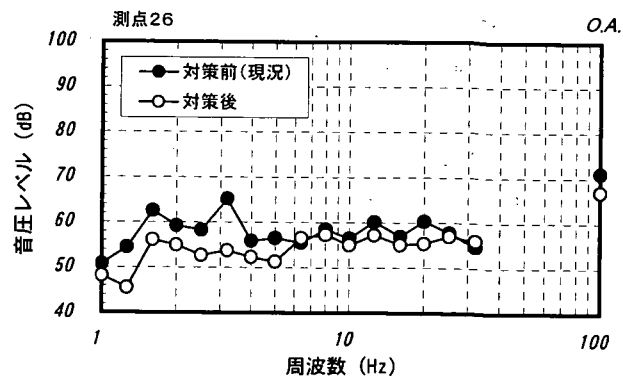
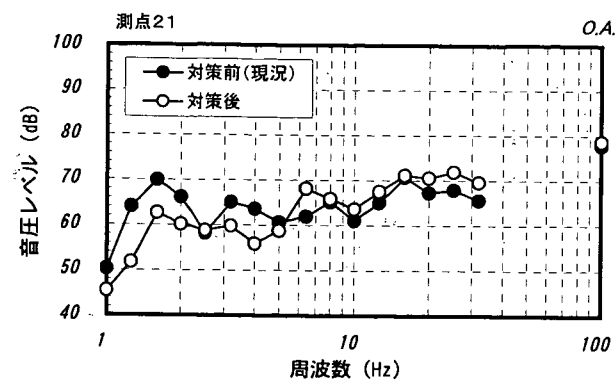


図-7.8(3) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=60\text{m}^3/\text{s}$) [測点21~30]

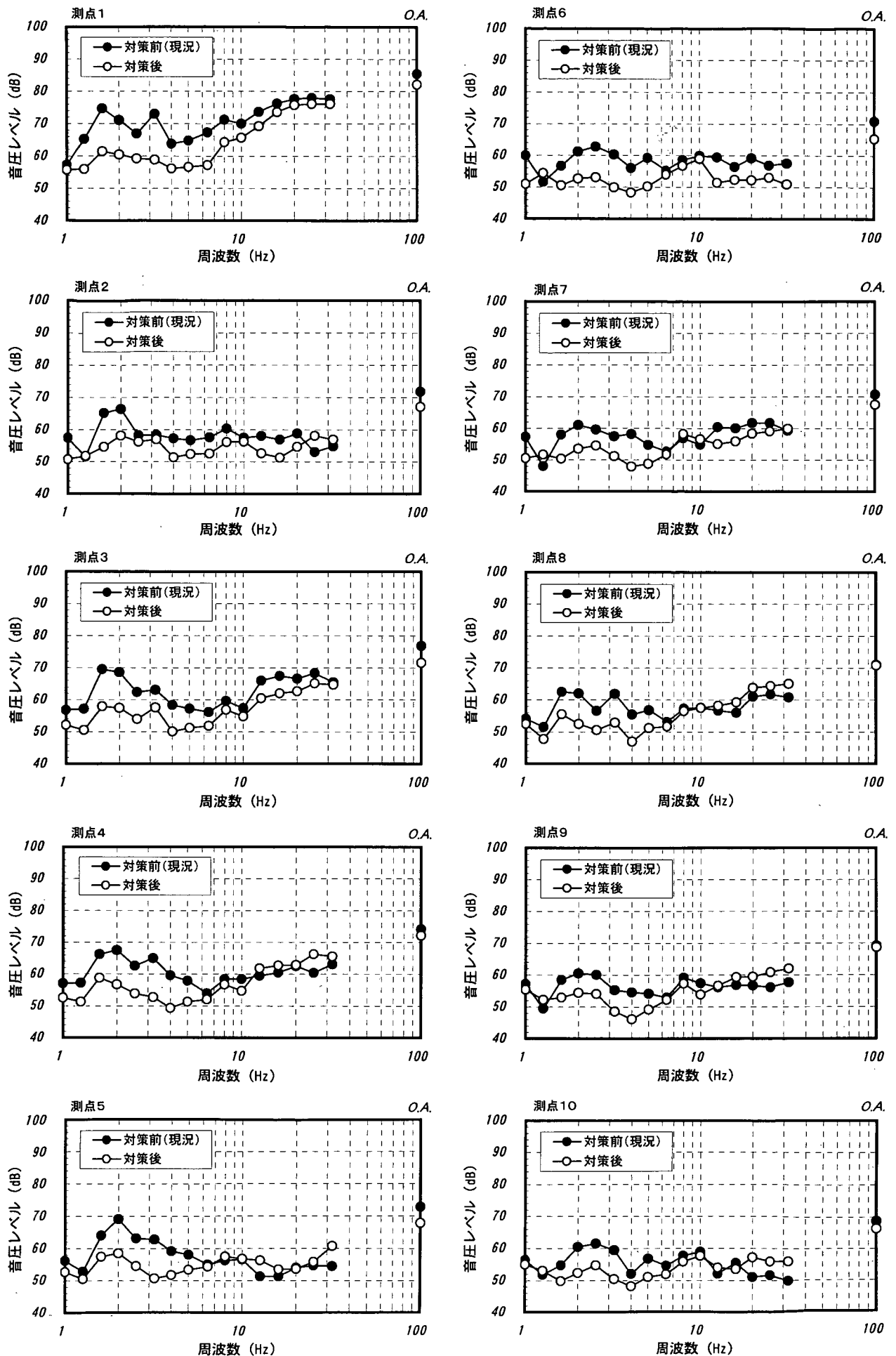


図-7.9(1) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=40\text{m}^3/\text{s}$) [測点1~10]

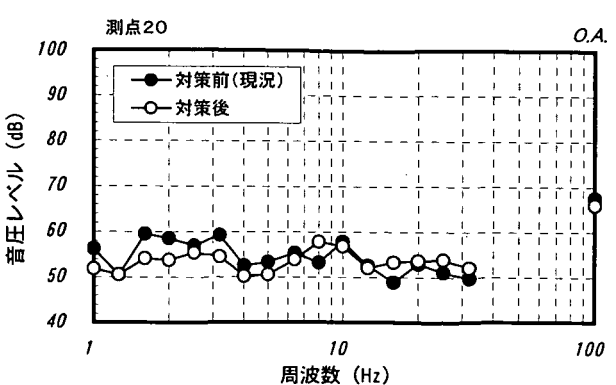
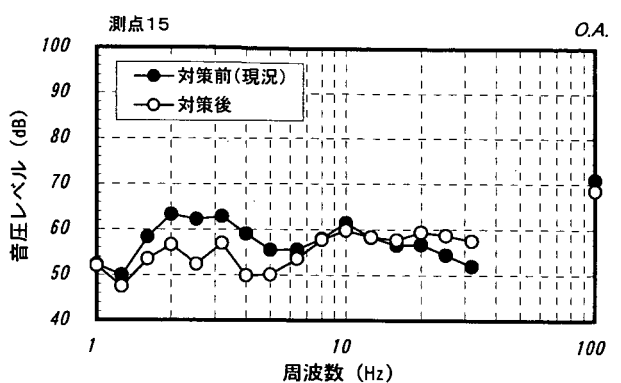
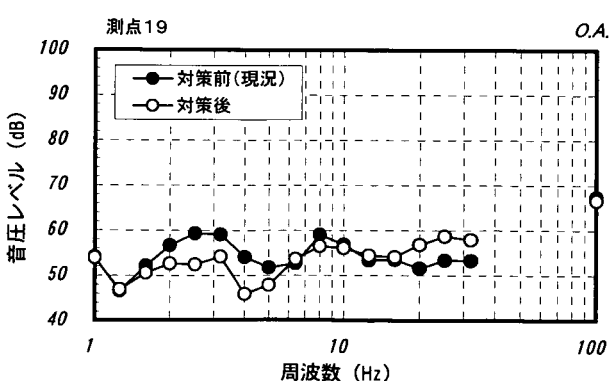
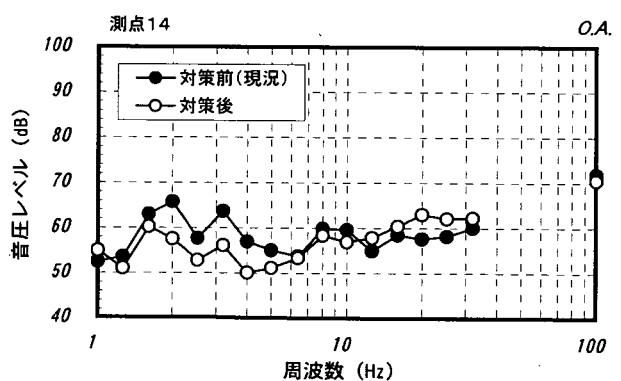
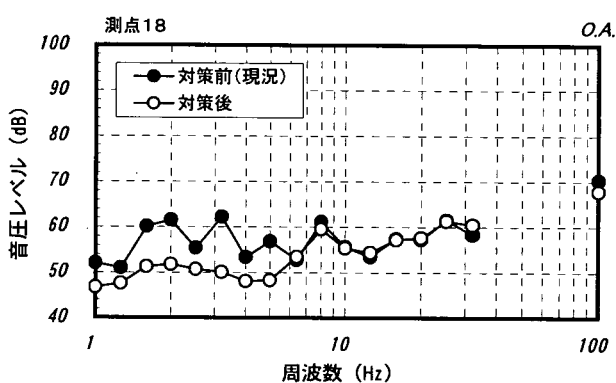
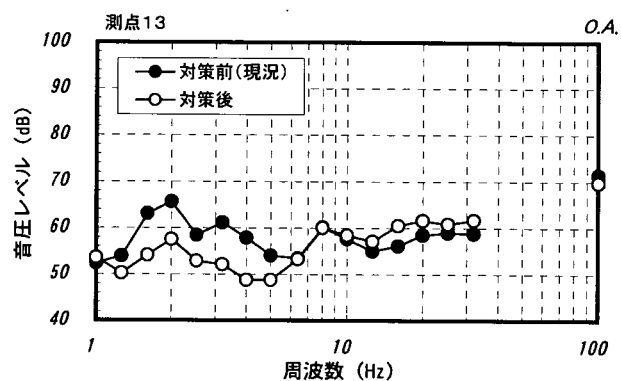
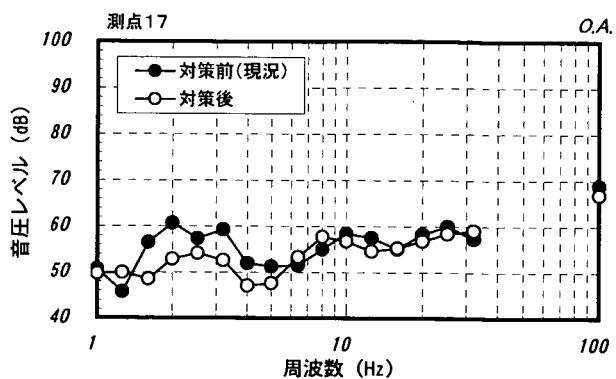
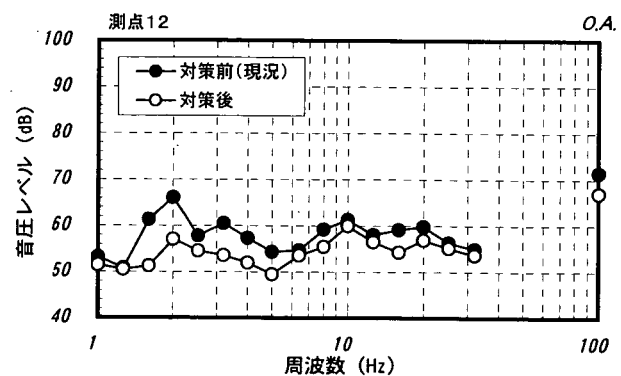
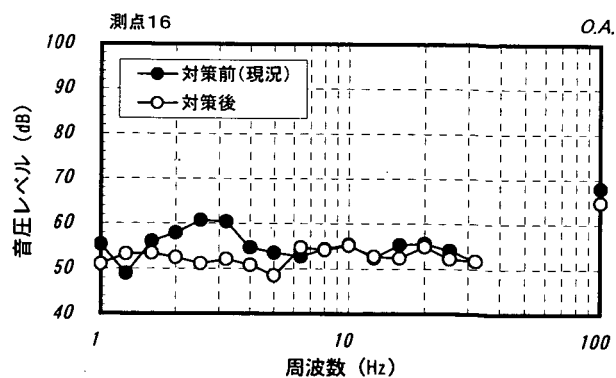
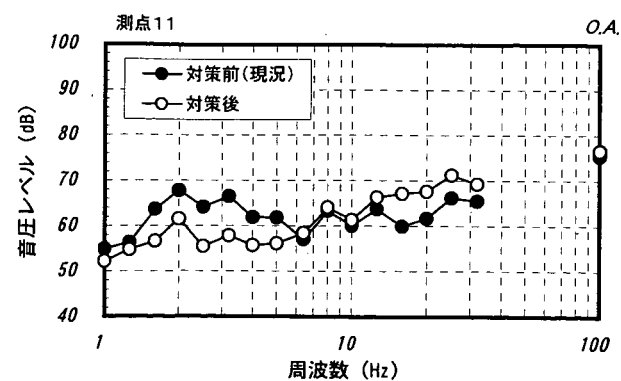


図-7.9(2) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=40\text{m}^3/\text{s}$) [測点11~20]

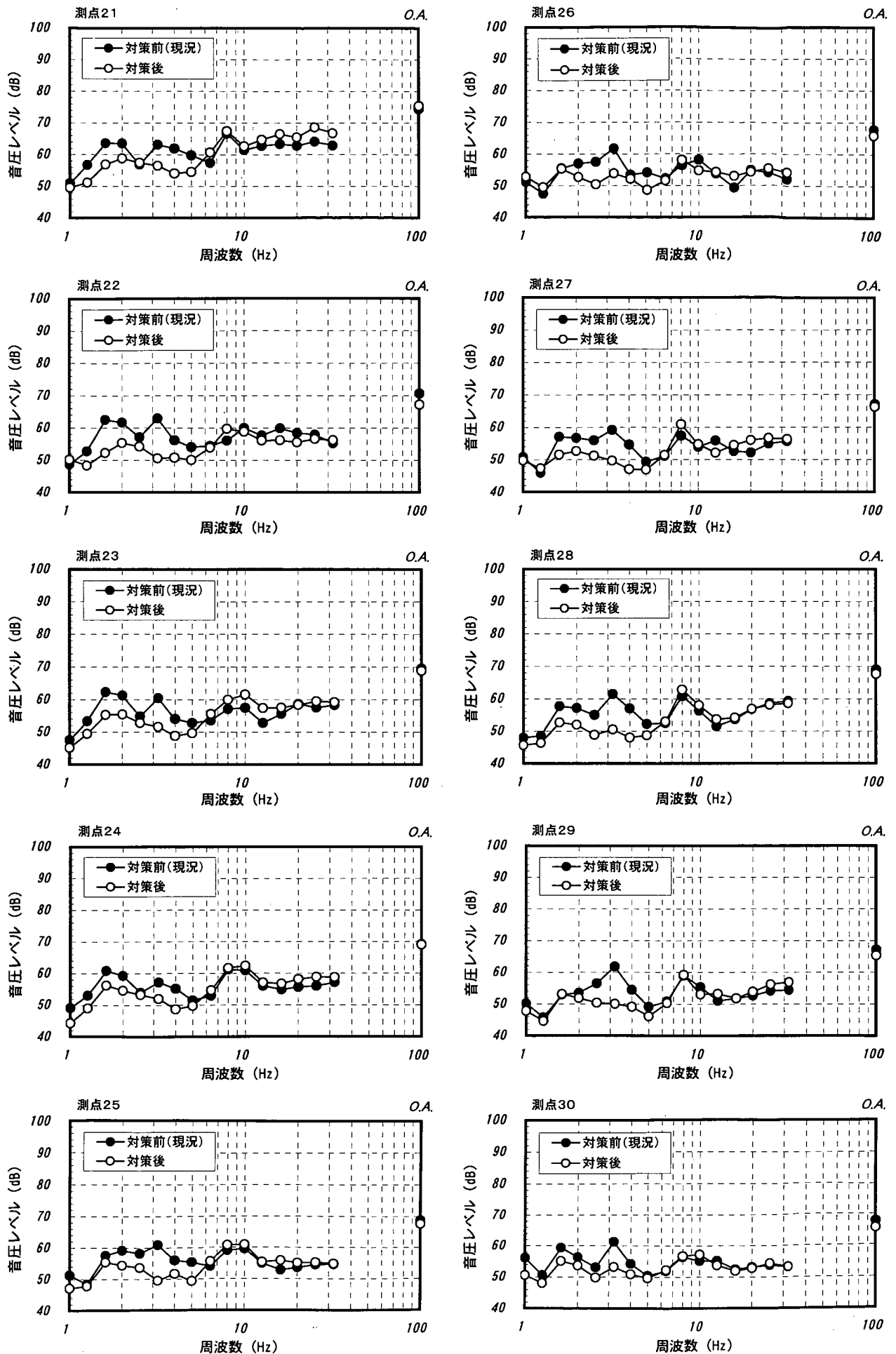


図-7.9(3) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=40\text{m}^3/\text{s}$) [測点21~30]

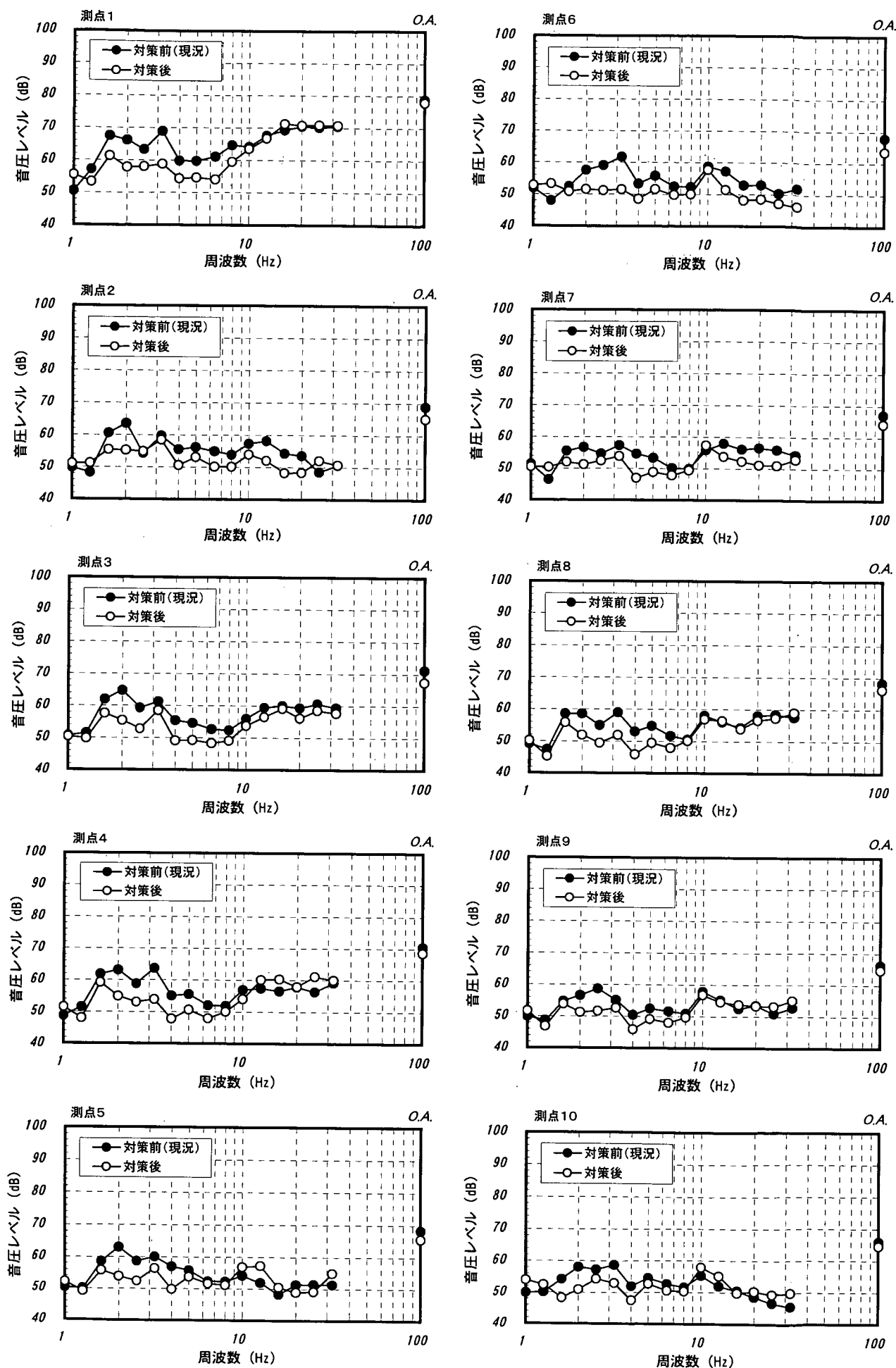


図-7.10(1) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=20\text{m}^3/\text{s}$) [測点1~10]

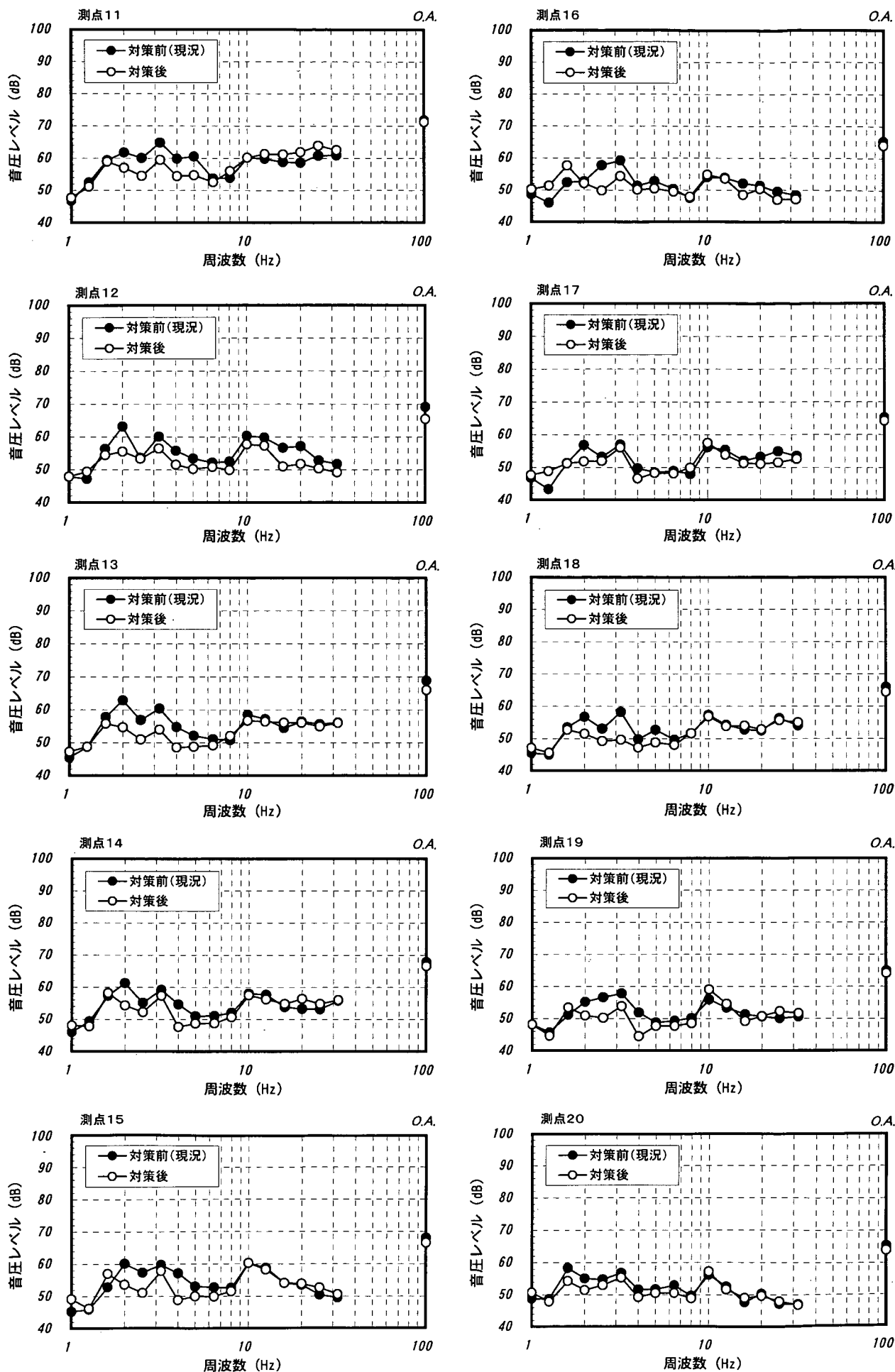


図-7.10(2) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=20\text{m}^3/\text{s}$) 【測点11～20】

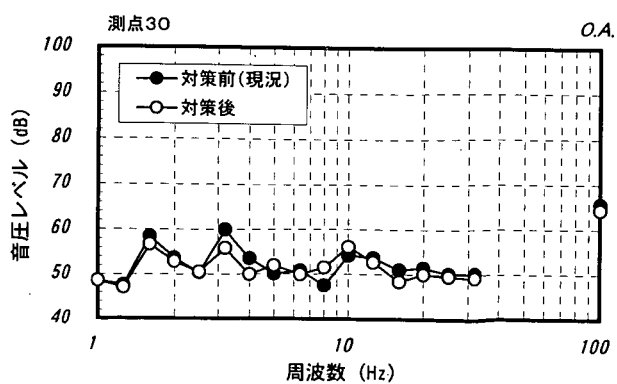
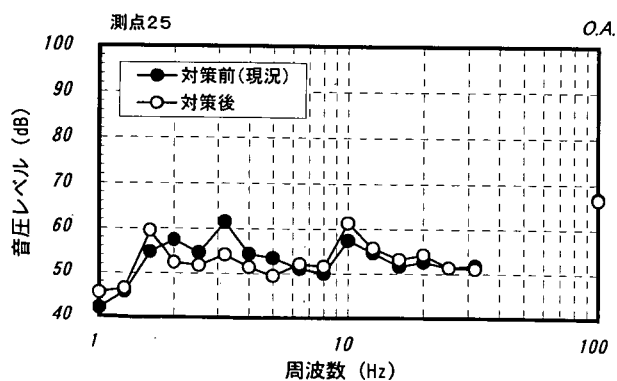
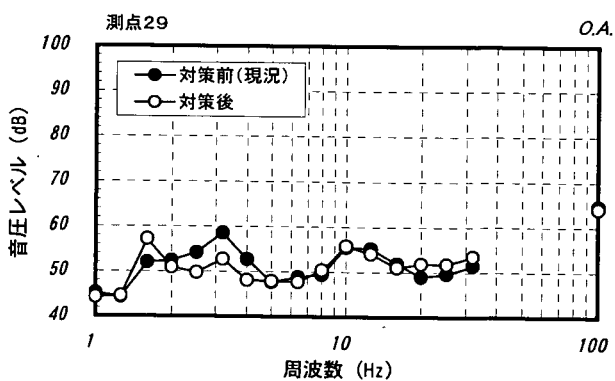
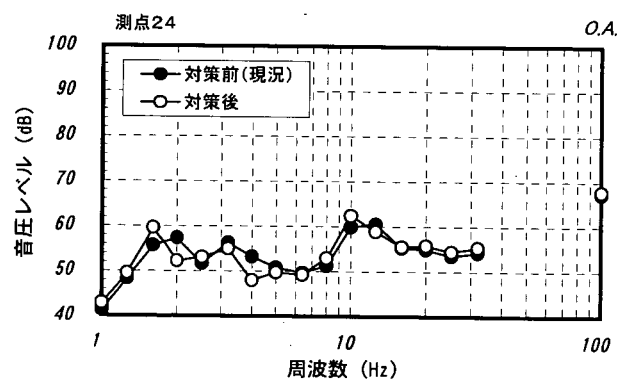
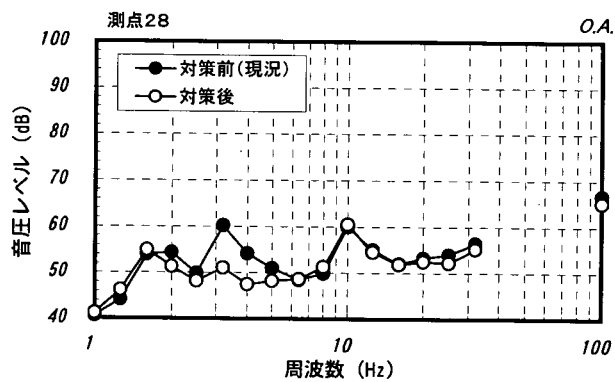
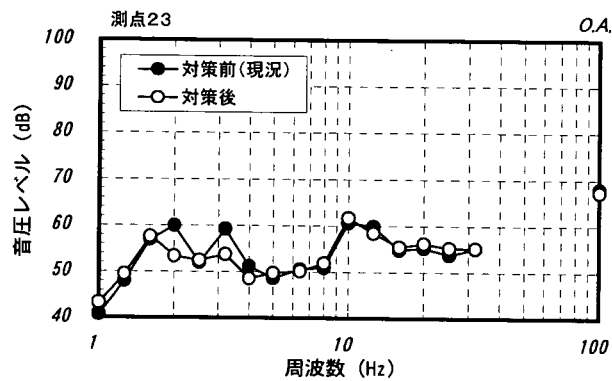
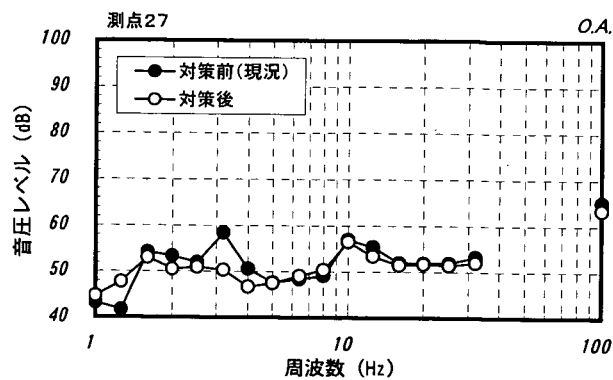
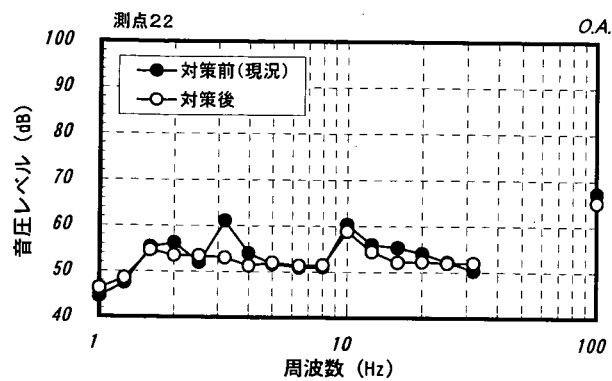
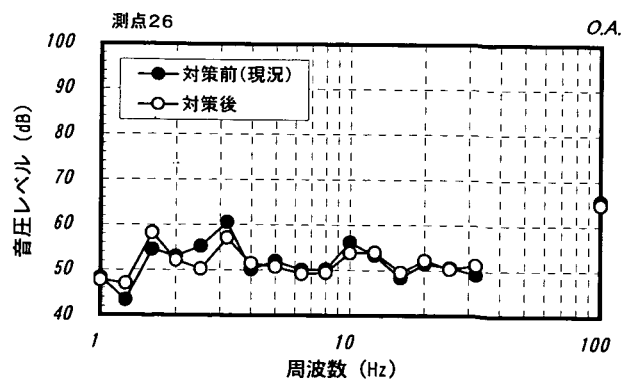
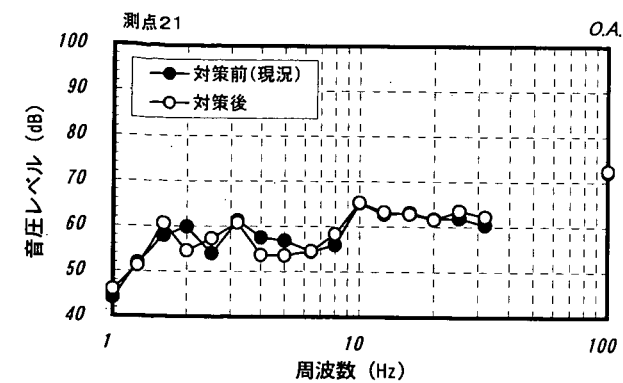
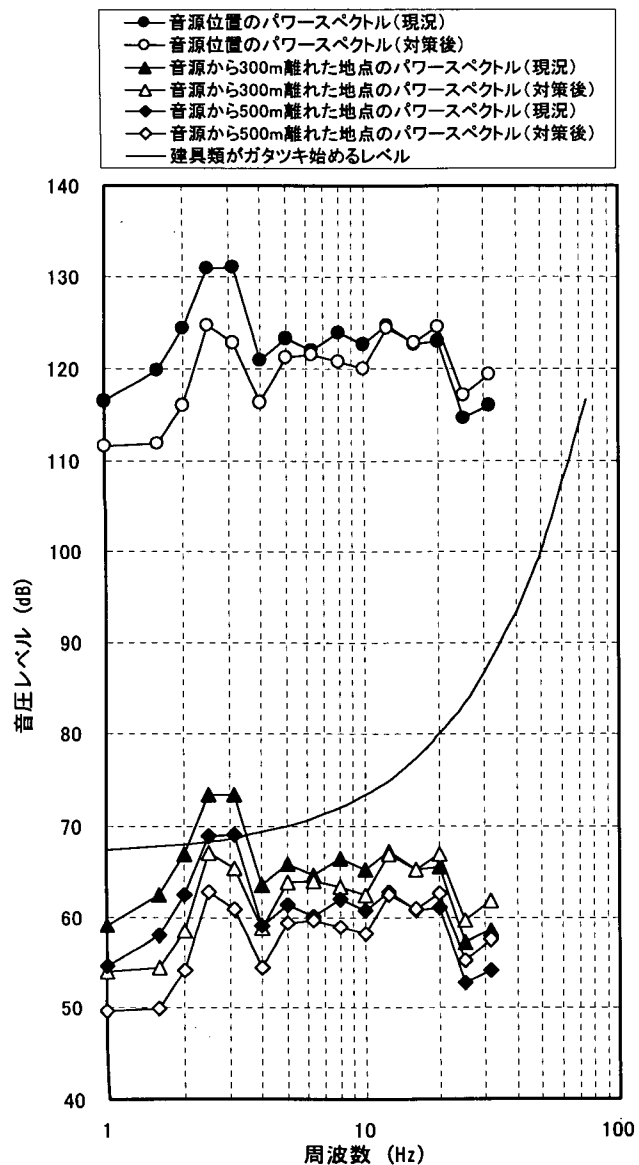
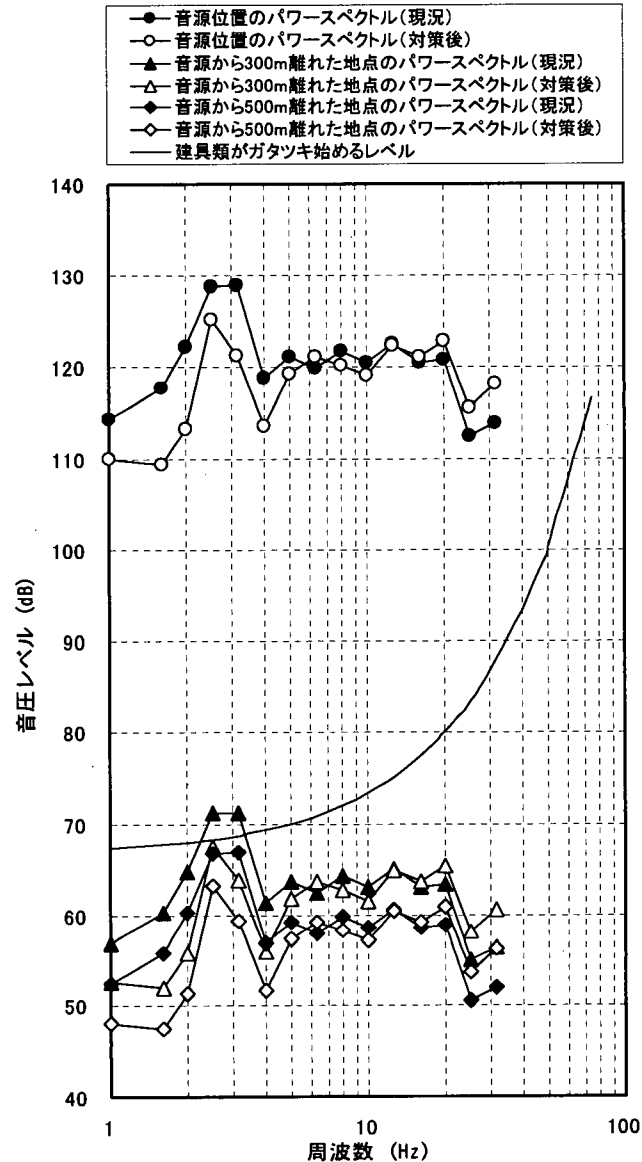


図-7.10(3) 低減対策前後におけるパワースペクトルの比較 ($Q=20\text{m}^3/\text{s}$) [測点21~30]

[放流量 100m³/s]



[放流量 80m³/s]



[放流量 60m³/s]

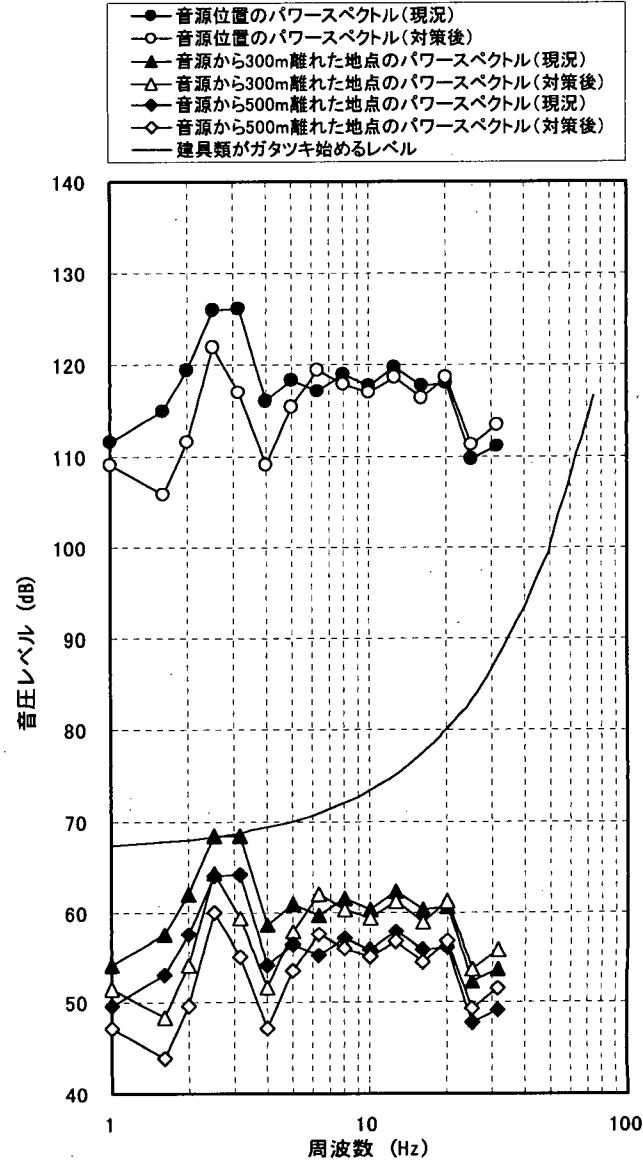
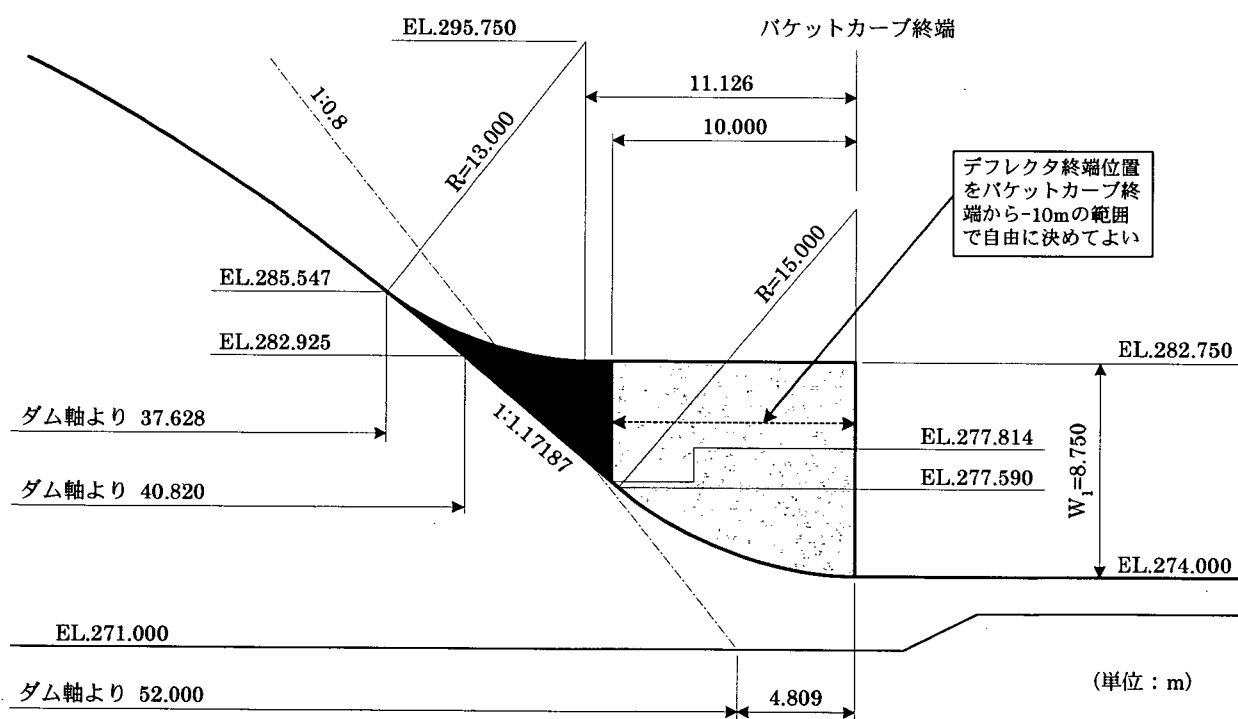


図-7.11 ダム周辺地域への放流音伝搬予測結果

8. まとめ

コンジット放流音の低周波低減対策について、音源である跳水始端を中心とした水脈制御を行い、音源の周波数特性を変化させるという観点からの検討を行い、以下の知見を得た。

- (1) コンジット放流音の低周波低減対策としては、コンジット出口部にデフレクタを設置するのが効果的である。出口にフタをする方法も考えられるが、デフレクタ効果との干渉もあり、複雑な現象となる。
- (2) 最適なデフレクタ高さは 8.75m 程度である。デフレクタ長の違いによる低周波音低減効果の差異はほとんどないことから、デフレクタ長については、施工性、経済性等を勘案して終端位置をバケットカーブ終端から-10m の範囲で自由に決めてよい。こうしたデフレクタの設置により、コンジットの卓越周波数（2～3Hz）を含む 10Hz 以下の超低周波音を低減させることができるとともに、音響パワーレベルについても平均的に約 2.8dB 低減する。
- (3) デフレクタが最も長い形状（終端がバケットカーブ終端に一致）とした場合でも、洪水時の減勢に特に影響を及ぼさない。



デフレクタの最適形状

9. おわりに

本報告書は、これまでに実施した現地観測結果から、コンジットの放流音特性を明らかにするとともに、音源と考えられる放流水脈の突入地点を中心とした水脈制御等による低周波音低減対策について、平成12年度～平成14年度の3箇年に実施した検討結果をとりまとめたものである。

最後に、本検討を進めるに当たって、国土交通省東北地方整備局三春ダム管理所をはじめとする多くの方々のご指導並びにご協力を賜りましたことを、ここに記して感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 小野雅人, 桜井力: 減勢工の発生音特性に関する現地観測, ダム工学会第 11 回研究発表会講演集, pp.13-15, 2000.11
- 2) 例えば, 中野有朋著: 超低音 (聞えない音), 技術書院, pp.88-90, 1994.6
- 3) 桜井力, 柏井条介, 櫻井寿之: 天ヶ瀬ダム水理模型実験報告書 (その 2) - トンネル式放流設備の発生音特性 -, 土木研究所資料, 第 3718 号, 2001.3
- 4) 環境庁大気保全局: 低周波音の測定方法に関するマニュアル, pp.50-56, 2000.10
- 5) 小野雅人, 柏井条介: ダム放流音に関する現地観測 - 天ヶ瀬ダム (アーチ式ダム) の放流音特性 -, 土木技術資料, VOL.44, NO.7, pp.58-63, 2002.7
- 6) 建設省東北地方建設局三春ダム工事事務所: 三春ダム工事誌, 1998.4



付 表



付 表 リ ス ト

- 付表-1.1 対策前(現況)の周波数特性 ($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)
- 付表-1.2 対策前(現況)の周波数特性 ($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)
- 付表-1.3 対策前(現況)の周波数特性 ($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)
- 付表-1.4 対策前(現況)の周波数特性 ($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)
- 付表-1.5 対策前(現況)の周波数特性 ($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)
- 付表-2.1(1) 基本検討時における周波数特性
- 付表-2.1(2) 基本検討時における周波数特性
- 付表-2.1(3) 基本検討時における周波数特性
- 付表-2.2(1) 詳細検討時における周波数特性
- 付表-2.2(2) 詳細検討時における周波数特性
- 付表-3.1 対策後の周波数特性 ($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)
- 付表-3.2 対策後の周波数特性 ($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)
- 付表-3.3 対策後の周波数特性 ($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)
- 付表-3.4 対策後の周波数特性 ($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)
- 付表-3.5 対策後の周波数特性 ($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)
- 付表-4.1 減勢工内水面形測定結果 (TYPE-B 模型)

付表-1.1 対策前(現況)の周波数特性(Q=100m³/s)

f(Hz)	f'(Hz)	測点 1	測点 2	測点 3	測点 4	測点 5	測点 6	測点 7	測点 8	測点 9	測点 10	測点 11	測点 12	測点 13	測点 14	測点 15	測点 16	測点 17	測点 18	測点 19	測点 20	測点 21	測点 22	測点 23	測点 24	測点 25	測点 26	測点 27	測点 28	測点 29	測点 30
オーバーオール値		91.2	77.3	82.2	82.8	80.0	76.9	76.3	79.3	75.4	75.3	80.8	76.9	79.1	77.3	76.8	74.2	74.2	75.9	73.9	74.5	80.2	75.8	76.0	76.3	74.3	74.2	72.8	74.9	72.7	73.7
25	1	66.4	60.5	61.9	63.3	61.1	62.3	60.6	61.1	58.5	58.2	64.7	57.3	59.8	58.3	58.3	58.2	57.1	56.5	57.1	55.8	54.6	53.0	49.5	50.5	54.0	55.0	51.6	48.8	52.9	55.6
31.5	1.26	75.5	61.7	66.8	69.7	66.5	62.4	57.5	66.2	60.1	63.5	67.8	59.4	67.3	66.6	61.9	60.5	58.1	61.2	55.6	63.7	67.4	63.9	64.8	65.5	58.7	60.2	56.2	59.9	55.8	63.6
40	1.6	78.7	70.1	73.2	75.4	75.4	66.4	61.6	70.5	63.7	62.2	71.7	66.4	72.1	69.6	66.9	63.8	62.8	66.8	59.6	67.8	72.6	70.0	70.4	70.3	63.1	64.0	64.0	66.9	60.7	66.5
50	2	71.5	70.7	70.3	73.3	73.1	65.1	61.8	66.8	64.6	66.3	68.1	67.6	68.5	67.4	67.1	60.3	62.8	63.4	61.3	60.6	64.6	63.8	63.2	65.5	61.5	59.0	57.9	61.2	58.7	61.1
63	2.52	73.9	64.1	65.0	68.3	64.6	67.2	64.3	64.3	68.4	67.5	68.6	63.1	64.1	63.4	68.2	64.9	61.7	61.3	66.2	63.8	66.1	63.5	60.7	61.5	65.0	61.4	58.9	56.9	64.0	61.4
80	3.2	76.7	61.7	69.4	72.0	67.2	66.8	62.6	68.7	62.5	66.4	72.6	66.5	69.0	68.9	67.6	66.1	65.9	67.4	63.6	65.5	66.5	64.2	64.8	62.6	67.0	68.4	63.8	66.9	65.9	67.1
100	4	69.6	64.4	64.4	67.7	66.4	58.3	61.8	61.5	59.4	58.7	65.5	62.0	59.7	60.4	63.7	60.7	58.3	58.0	57.3	58.4	63.3	60.0	57.7	59.8	58.6	61.2	58.7	60.5	57.4	58.2
125	5	71.5	63.6	62.8	67.1	64.8	64.2	61.1	63.4	61.2	64.4	65.2	60.5	58.5	59.8	61.4	60.7	57.7	58.8	57.3	59.7	62.4	59.9	59.2	59.2	60.3	62.1	56.5	61.1	54.8	56.9
160	6.4	76.0	63.5	64.5	66.4	66.1	63.8	63.3	63.6	63.0	63.6	63.7	64.5	61.9	62.8	64.5	63.1	62.5	62.7	63.2	64.3	67.9	66.0	64.4	66.2	63.8	63.2	62.5	63.5	60.2	59.1
200	8	82.3	65.6	67.1	71.3	68.4	66.3	63.7	64.8	63.9	63.9	67.1	65.7	64.1	63.6	66.1	60.1	60.7	63.6	63.7	61.8	67.8	65.0	65.3	66.9	64.9	63.3	62.1	65.0	62.9	60.6
250	10	81.6	63.4	64.7	70.9	64.6	64.4	60.8	70.6	63.7	62.9	66.8	65.5	64.7	64.2	65.6	61.0	58.4	61.6	60.6	60.3	66.3	62.1	63.5	64.9	62.6	60.7	61.4	62.2	60.2	59.3
315	12.6	80.6	66.6	74.1	72.6	61.6	66.9	68.0	68.8	64.6	61.4	70.1	65.7	67.0	63.3	66.1	61.2	63.7	63.1	63.8	60.7	67.7	62.2	61.1	63.0	60.7	61.8	61.6	59.5	55.9	62.5
400	16	83.6	63.7	73.6	71.3	61.5	64.7	66.6	65.5	64.2	63.7	66.8	68.1	68.1	66.6	62.4	63.5	62.0	66.3	62.6	57.5	71.5	62.9	61.9	60.7	61.0	57.5	58.7	60.0	60.2	59.2
500	20	81.9	65.1	71.7	71.6	63.9	65.2	67.5	68.9	62.5	56.6	68.1	67.4	70.0	64.8	62.6	62.7	63.6	65.1	60.3	62.9	69.9	60.1	65.0	61.2	58.5	61.2	59.8	61.6	60.4	57.5
630	25.2	81.7	59.4	74.1	68.3	62.8	62.9	67.0	68.3	61.5	57.1	71.6	62.3	68.1	64.7	58.5	60.3	65.3	66.4	61.4	60.4	70.6	62.0	62.9	62.2	60.6	59.9	61.2	64.1	60.8	58.2
800	32	79.5	59.6	70.1	69.2	62.1	63.8	64.8	68.5	61.9	54.9	69.3	58.8	66.5	64.1	57.1	56.9	61.8	63.7	61.5	57.0	68.5	60.0	63.0	61.8	60.2	57.0	62.1	64.0	61.2	57.5

注1) 実験時の貯水位: EL.326.55m、放流量: 99.53m³/s

単位: dB

注2) fは模型の周波数、f'はfを音の相似則(原型の周波数f'=1/n×模型の周波数f(1/n:模型縮尺))で原型に換算した周波数

付表-1.2 対策前(現況)の周波数特性($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)

f(Hz)	f'(Hz)	測点 1	測点 2	測点 3	測点 4	測点 5	測点 6	測点 7	測点 8	測点 9	測点 10	測点 11	測点 12	測点 13	測点 14	測点 15	測点 16	測点 17	測点 18	測点 19	測点 20	測点 21	測点 22	測点 23	測点 24	測点 25	測点 26	測点 27	測点 28	測点 29	測点 30
オーバーオール値		89.8	76.1	82.7	82.1	77.7	74.9	75.9	78.8	75.1	74.0	79.3	75.9	78.4	76.6	77.0	73.2	74.3	75.9	72.2	71.4	79.8	74.0	74.4	76.5	73.4	72.7	71.1	72.7	71.9	73.2
25	1	61.9	56.1	57.8	61.7	58.5	60.1	57.3	57.7	57.2	56.8	60.4	55.0	58.5	56.7	55.5	59.2	53.5	55.9	54.9	54.0	54.4	48.1	48.7	52.0	51.5	53.1	46.7	47.6	50.8	53.2
31.5	1.26	72.4	61.9	66.5	68.5	62.9	56.4	53.6	61.6	56.8	60.3	65.1	58.1	63.4	63.1	61.2	57.1	52.5	58.4	54.7	56.6	66.7	57.1	62.2	64.6	59.1	58.9	52.8	53.6	53.8	58.9
40	1.6	78.1	69.6	75.0	75.4	71.3	61.5	63.0	69.6	63.5	59.8	70.6	65.8	70.0	69.9	68.1	62.9	62.4	66.3	60.6	62.4	72.0	66.9	69.0	71.5	65.8	60.0	62.8	64.0	62.9	66.6
50	2	74.8	69.8	72.6	73.1	73.5	64.4	66.0	67.8	66.2	67.2	70.5	68.8	72.6	71.9	71.0	60.5	66.3	66.0	63.0	61.7	68.2	64.9	65.2	68.5	64.0	57.3	59.5	60.7	58.8	63.4
63	2.52	69.2	60.6	63.4	65.4	63.9	65.3	62.1	62.4	63.0	63.2	62.6	60.3	61.6	61.3	67.4	61.9	60.0	60.4	63.2	61.9	62.1	61.5	58.8	61.2	62.8	60.1	56.2	56.0	60.7	58.7
80	3.2	74.8	61.6	67.6	71.0	65.3	64.9	61.4	67.2	60.7	64.1	70.8	62.7	66.7	64.5	65.3	64.2	63.2	67.2	61.9	63.8	66.2	64.8	63.3	63.1	65.1	67.6	62.9	65.3	66.9	66.0
100	4	67.5	60.9	62.2	65.0	62.1	57.4	60.1	57.8	58.2	56.4	64.4	60.0	61.2	59.3	62.7	58.3	55.4	57.1	55.5	54.4	64.6	58.5	57.1	61.7	58.1	58.4	57.9	60.3	57.4	57.6
125	5	67.8	60.1	62.3	64.1	62.0	62.8	59.7	61.1	59.9	61.7	63.7	57.4	57.7	56.9	58.9	58.6	55.3	59.1	54.8	57.6	62.8	56.6	57.2	59.0	58.6	59.9	53.3	56.0	53.2	55.8
160	6.4	72.0	61.4	62.3	61.1	60.5	59.6	59.5	60.9	60.3	62.2	61.5	61.6	60.0	60.1	62.1	60.7	59.1	62.1	60.3	62.9	64.7	62.7	62.0	62.2	61.7	59.7	57.5	59.7	57.7	57.7
200	8	76.9	63.2	64.9	64.9	62.2	62.9	58.5	61.5	61.5	63.3	65.0	61.1	63.3	61.8	62.6	60.7	58.6	63.0	60.0	57.9	66.1	61.4	61.3	63.5	61.1	60.7	59.1	61.4	60.9	57.7
250	10	77.1	61.9	62.7	70.8	61.1	60.5	56.6	68.3	64.1	63.2	65.1	63.5	64.7	60.9	65.5	61.3	57.2	60.3	57.0	56.6	64.7	61.0	62.0	63.7	59.6	59.7	58.2	57.7	57.9	62.0
315	12.6	80.4	65.1	74.5	72.0	60.0	64.4	67.3	71.0	66.3	61.6	68.5	64.6	67.6	60.7	67.6	62.2	67.6	63.2	62.5	56.2	68.9	60.8	57.8	63.4	60.8	61.7	59.5	57.2	56.4	63.9
400	16	84.4	64.5	75.3	71.0	61.8	63.7	67.2	67.6	66.8	64.1	65.2	67.2	67.7	64.8	63.8	64.6	64.3	66.9	62.3	53.5	73.3	63.0	60.6	62.6	60.8	56.9	59.4	59.0	58.7	59.7
500	20	81.0	65.1	72.7	71.2	63.4	64.8	68.6	69.4	64.0	55.9	65.4	67.5	67.5	62.3	62.5	62.1	63.5	64.7	58.7	59.2	69.6	61.1	62.6	61.2	58.2	61.4	58.2	61.5	58.0	57.3
630	25.2	80.3	58.5	73.6	69.7	61.8	63.3	66.9	69.0	61.9	55.1	70.5	63.5	66.2	61.6	57.8	59.2	64.8	67.4	59.7	55.9	68.2	61.6	60.9	61.6	58.5	58.7	60.4	62.9	57.7	57.9
800	32	77.9	58.6	69.6	69.2	60.0	62.5	63.5	67.7	63.0	52.8	68.3	59.5	63.7	61.4	56.7	55.8	60.4	62.9	59.4	53.6	65.4	58.2	61.0	61.6	58.5	56.7	59.8	62.2	58.6	56.2

注1) 実験時の貯水位:EL.326.73m、放流量:84.22 m^3/s

単位: dB

注2) fは模型の周波数、f'はfを音の相似則(原型の周波数 $f'=1/n \times$ 模型の周波数f(1/n:模型縮尺))で原型に換算した周波数

付表-1.3 対策前(現況)の周波数特性(Q=60m³/s)

f(Hz)	f'(Hz)	測点 1	測点 2	測点 3	測点 4	測点 5	測点 6	測点 7	測点 8	測点 9	測点 10	測点 11	測点 12	測点 13	測点 14	測点 15	測点 16	測点 17	測点 18	測点 19	測点 20	測点 21	測点 22	測点 23	測点 24	測点 25	測点 26	測点 27	測点 28	測点 29	測点 30
オーバーオール値		88.9	76.0	82.6	80.5	76.6	75.2	76.4	78.9	73.2	71.6	78.3	75.1	76.0	75.6	74.5	73.4	73.0	74.1	69.2	70.8	77.8	73.6	73.2	74.2	72.2	71.0	71.6	72.3	71.4	71.4
25	1	56.3	56.8	56.5	57.8	56.0	58.7	58.8	57.2	54.3	52.3	58.2	54.2	56.3	54.2	52.2	56.2	53.4	52.6	50.2	52.7	50.2	45.6	46.0	46.7	47.9	50.7	44.9	42.7	48.1	50.5
31.5	1.26	65.0	58.1	64.0	64.7	60.6	56.7	55.5	60.0	56.9	56.9	62.7	56.9	62.1	59.9	57.2	55.8	53.1	56.6	52.4	57.6	64.0	58.9	60.5	61.9	55.8	54.4	54.7	54.3	52.8	57.2
40	1.6	76.5	70.0	74.6	74.8	70.7	64.1	63.6	70.0	64.0	62.2	69.8	67.5	68.5	67.8	64.9	63.4	61.3	65.3	59.0	64.1	70.0	67.1	68.0	70.0	65.0	62.5	65.0	64.5	60.9	66.0
50	2	72.4	70.2	73.8	72.4	72.0	66.5	66.8	69.8	63.6	62.9	72.3	69.1	68.1	69.8	67.3	63.7	63.2	64.3	58.6	60.5	66.1	64.1	65.2	65.9	62.6	59.2	60.0	59.1	58.4	62.7
63	2.52	67.4	59.9	61.5	64.3	63.4	63.6	63.1	67.1	62.2	62.6	63.7	57.5	59.4	59.1	62.7	63.4	56.8	58.3	59.7	59.7	58.1	59.4	57.8	58.3	60.3	58.2	56.0	52.8	58.3	55.7
80	3.2	73.2	62.2	66.5	70.0	64.2	62.7	62.9	67.1	59.4	62.5	70.2	63.3	65.4	65.3	65.3	63.3	64.0	64.9	60.3	62.4	65.1	64.3	63.3	60.5	64.7	65.2	62.4	65.1	67.1	63.7
100	4	66.2	61.1	61.2	64.7	62.3	55.3	61.3	58.8	57.3	54.8	64.4	60.5	59.7	60.0	62.2	57.9	56.1	55.3	55.3	56.4	63.5	58.2	55.6	58.6	56.7	55.8	56.4	59.1	58.0	55.1
125	5	65.6	60.7	61.8	61.9	60.7	60.9	60.0	60.6	57.2	60.8	62.9	57.7	56.9	56.1	57.5	58.8	55.5	56.8	52.5	55.7	60.6	56.7	54.5	55.8	57.9	56.5	51.9	53.1	51.6	51.9
160	6.4	69.4	61.6	61.9	57.9	58.3	58.1	58.4	59.0	56.7	60.4	60.5	58.5	57.7	57.4	59.6	58.7	55.5	59.3	56.1	58.0	62.0	59.7	56.5	57.7	57.9	55.5	57.0	55.3	55.0	55.0
200	8	73.9	62.0	63.1	61.6	61.0	63.6	59.0	60.6	59.5	60.2	63.8	60.4	59.9	61.4	60.3	60.1	57.5	59.5	57.9	56.7	65.1	60.2	61.1	61.1	59.8	58.4	58.7	61.7	60.2	56.7
250	10	74.2	60.2	61.8	65.4	59.6	61.7	56.9	66.5	59.2	58.8	62.4	61.8	60.0	61.3	63.5	61.8	57.0	57.1	55.3	56.5	61.0	60.0	60.2	59.8	58.1	56.5	57.8	56.9	56.8	57.1
315	12.6	77.3	64.4	74.5	68.5	58.9	67.7	68.0	69.3	61.6	56.5	65.3	61.7	61.5	60.0	65.0	63.9	62.9	58.3	57.3	57.4	65.0	61.6	55.3	59.8	60.4	60.1	60.9	56.8	54.8	60.6
400	16	81.4	63.4	75.0	70.5	60.2	65.0	68.3	68.2	64.8	59.7	62.4	64.6	65.7	65.0	62.5	63.9	62.4	65.1	58.1	53.6	70.7	64.0	58.0	60.5	60.5	56.9	60.4	59.6	58.5	57.4
500	20	81.8	64.4	73.6	69.7	61.8	65.4	68.4	70.5	63.8	53.7	63.3	65.3	67.4	63.4	60.6	61.8	64.0	63.6	56.2	59.8	67.2	60.7	60.5	59.9	57.8	60.2	59.2	61.7	58.1	55.5
630	25.2	81.7	57.4	73.3	67.7	61.0	60.7	66.5	67.8	60.9	55.1	67.0	61.8	65.7	63.3	57.7	58.0	65.0	66.6	57.4	56.3	67.9	60.5	59.7	60.6	57.7	57.7	60.7	62.4	58.6	56.1
800	32	81.3	58.5	70.0	67.8	59.5	61.1	63.8	67.3	61.5	52.3	66.1	60.2	62.2	62.2	55.8	56.2	61.4	62.2	57.5	54.2	65.6	57.8	60.3	60.6	57.6	54.7	60.4	61.8	58.5	55.3

注1) 実験時の貯水位:EL.327.36m、放流量:62.34m³/s

単位: dB

注2) fは模型の周波数、f'はfを音の相似則(原型の周波数f'=1/n×模型の周波数f(1/n:模型縮尺))で原型に換算した周波数

付表-1.4 対策前(現況)の周波数特性(Q=40m³/s)

f(Hz)	f'(Hz)	測点 1	測点 2	測点 3	測点 4	測点 5	測点 6	測点 7	測点 8	測点 9	測点 10	測点 11	測点 12	測点 13	測点 14	測点 15	測点 16	測点 17	測点 18	測点 19	測点 20	測点 21	測点 22	測点 23	測点 24	測点 25	測点 26	測点 27	測点 28	測点 29	測点 30
オーバーオール値		85.4	71.8	76.8	74.1	72.8	70.9	70.7	71.0	69.1	68.7	75.4	71.4	71.3	71.8	70.8	68.0	68.8	70.3	67.4	67.5	74.3	70.6	69.5	69.2	68.7	67.7	67.0	68.9	67.1	67.6
25	1	57.2	57.5	56.8	57.1	56.2	59.9	57.2	54.1	57.1	56.3	54.9	53.2	52.3	52.5	52.2	55.3	50.6	52.0	54.0	56.2	50.9	48.7	47.5	49.1	51.3	51.1	50.8	47.9	50.2	56.1
31.5	1.26	65.2	51.6	57.1	57.2	52.8	51.6	48.0	51.5	49.5	51.8	56.3	50.8	53.9	53.5	49.9	48.9	45.7	51.0	46.6	50.6	56.7	52.7	53.3	53.1	48.4	47.4	45.9	48.6	45.8	50.5
40	1.6	74.6	65.1	69.5	66.2	64.1	56.7	58.0	62.5	58.4	54.7	63.6	61.3	63.0	62.9	58.3	56.0	56.5	60.1	52.1	59.5	63.6	62.5	62.3	60.8	57.5	55.5	57.0	57.7	53.0	59.3
50	2	71.1	66.3	68.6	67.5	69.1	61.2	60.9	62.0	60.5	60.5	67.8	66.0	65.6	65.7	63.3	57.9	60.7	61.5	56.7	58.5	63.5	61.6	61.2	59.3	59.1	57.0	56.7	57.1	53.5	56.3
63	2.52	66.9	58.1	62.4	62.6	63.2	62.7	59.6	56.5	60.1	61.5	64.1	57.8	58.4	57.6	62.2	60.7	57.3	55.3	59.3	57.0	56.9	57.0	54.8	53.9	58.1	57.5	55.9	55.0	56.4	53.1
80	3.2	73.0	58.3	63.1	65.0	62.8	60.3	57.4	61.9	55.3	59.5	66.4	60.5	61.1	63.7	62.8	60.4	59.2	62.2	59.1	59.2	63.2	62.9	60.4	57.2	60.9	61.7	59.1	61.4	61.7	61.2
100	4	63.7	57.3	58.3	59.6	59.1	56.0	58.1	55.4	54.5	52.0	61.8	57.3	57.8	56.9	59.0	54.7	51.9	53.4	54.1	52.5	61.9	56.1	54.0	55.1	56.0	53.4	54.6	57.0	54.4	54.2
125	5	64.8	56.7	57.2	57.9	58.1	59.2	54.7	56.8	54.1	56.8	61.7	54.3	54.0	55.0	55.4	53.5	51.2	56.8	51.7	53.3	59.8	54.0	52.8	51.4	55.3	54.1	49.3	52.2	49.1	50.4
160	6.4	67.3	57.6	56.2	53.9	55.0	55.2	52.6	53.1	52.9	54.6	57.0	54.7	53.4	53.7	55.6	52.7	51.5	52.8	52.6	55.3	57.4	54.4	53.5	52.9	53.9	52.3	51.1	52.5	50.8	51.9
200	8	71.2	60.3	59.6	58.4	56.3	58.6	56.8	57.3	59.1	57.7	63.2	59.2	60.1	59.8	58.0	54.3	55.0	61.2	59.0	53.2	66.6	56.1	57.1	61.1	59.0	56.4	57.4	60.8	58.9	56.4
250	10	70.0	57.4	57.4	58.4	56.6	59.9	54.8	57.6	57.4	58.9	59.9	61.3	57.6	59.6	61.4	55.3	58.4	55.7	56.8	57.8	61.5	59.9	57.4	60.9	59.5	58.1	53.9	56.3	55.3	55.1
315	12.6	73.7	58.0	65.9	59.5	51.3	59.5	60.4	56.6	56.1	52.0	63.6	58.0	55.0	54.9	58.2	52.3	57.5	53.4	53.3	52.6	62.8	57.6	52.8	55.9	54.9	53.8	55.9	51.5	51.0	55.2
400	16	76.2	56.9	67.4	60.4	51.3	56.4	60.0	56.0	56.8	55.4	59.8	59.1	56.1	58.4	56.5	55.3	55.0	57.4	53.4	48.8	63.3	59.8	55.6	54.8	52.8	49.3	52.6	53.7	51.7	52.4
500	20	77.6	58.8	66.6	62.5	53.9	59.2	61.7	61.0	56.7	51.0	61.6	59.8	58.4	57.6	56.7	55.6	58.2	57.3	51.6	52.9	62.8	58.4	58.6	55.6	53.5	54.9	52.2	56.8	52.6	53.1
630	25.2	78.0	53.0	68.3	60.4	54.7	56.9	61.7	61.7	56.1	51.6	66.2	56.3	58.9	58.1	54.4	54.1	60.0	61.5	53.3	51.1	64.1	57.9	57.5	55.9	54.4	54.0	54.9	58.6	54.1	53.7
800	32	77.6	54.8	65.4	63.1	54.4	57.5	59.2	60.8	57.6	49.8	65.5	54.9	58.7	59.9	51.9	51.8	57.2	58.3	53.2	49.7	62.8	55.3	58.2	57.1	54.5	52.1	55.6	59.3	54.4	53.1

注1) 実験時の貯水位:EL.325.50m、放流量:40.47m³/s

単位: dB

注2) fは模型の周波数、f'はfを音の相似則(原型の周波数f'=1/n×模型の周波数f(1/n:模型縮尺))で原型に換算した周波数

付表-1.5 対策前(現況)の周波数特性($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)

f(Hz)	f'(Hz)	測点 1	測点 2	測点 3	測点 4	測点 5	測点 6	測点 7	測点 8	測点 9	測点 10	測点 11	測点 12	測点 13	測点 14	測点 15	測点 16	測点 17	測点 18	測点 19	測点 20	測点 21	測点 22	測点 23	測点 24	測点 25	測点 26	測点 27	測点 28	測点 29	測点 30
オーバーオール値		78.8	69.0	71.2	70.5	68.3	67.9	67.0	68.2	66.2	65.9	71.8	69.1	68.8	67.9	68.0	65.3	65.2	66.0	64.9	65.2	72.1	67.2	68.0	67.3	66.8	65.5	65.1	66.6	64.6	65.6
25	1	50.5	49.8	50.5	48.7	50.3	51.9	51.4	49.1	49.8	49.8	46.8	47.9	45.4	46.0	45.3	48.7	46.8	45.5	48.1	48.8	44.1	44.5	40.8	41.4	42.0	48.2	43.2	40.6	45.2	48.6
31.5	1.26	57.1	48.3	51.4	51.5	50.1	48.0	46.4	47.4	48.7	50.1	52.4	47.2	48.7	49.4	45.9	46.0	43.2	44.9	45.7	48.6	51.8	47.5	48.0	48.3	45.8	43.3	41.7	44.1	44.3	47.6
40	1.6	67.4	60.5	62.0	61.8	58.6	52.4	55.5	58.6	54.7	54.1	59.4	56.3	57.7	57.3	52.8	52.4	51.3	53.5	51.2	58.3	58.0	55.3	56.9	55.7	54.8	54.5	54.2	53.9	52.0	58.5
50	2	66.2	63.4	64.7	63.1	63.0	57.5	56.6	58.5	56.5	58.0	61.7	63.1	62.8	61.3	60.1	52.7	56.8	56.7	55.2	55.0	59.9	56.2	59.9	57.3	57.4	53.0	53.3	54.3	52.3	53.6
63	2.52	63.3	54.3	59.3	58.8	58.7	59.0	54.7	54.9	58.6	57.3	60.0	53.6	56.9	55.2	57.4	57.7	53.2	53.1	56.6	54.7	54.0	52.0	52.0	51.7	54.6	55.2	52.0	49.8	54.1	50.3
80	3.2	69.0	59.7	61.2	63.6	60.0	61.7	57.3	58.9	55.1	58.7	64.8	60.1	60.3	59.2	59.8	59.2	57.0	58.2	57.8	56.7	61.3	61.0	59.2	56.2	61.5	60.5	58.4	60.2	58.5	59.9
100	4	59.8	55.5	55.4	55.0	57.0	53.3	54.6	53.0	50.4	52.0	59.8	55.8	54.7	54.7	57.1	51.4	49.7	49.7	51.8	51.5	57.5	53.9	51.2	53.2	54.4	50.1	50.6	54.1	52.7	53.5
125	5	59.7	56.2	54.6	55.5	55.8	55.8	53.4	54.8	52.5	54.5	60.5	53.4	52.1	51.0	53.0	52.8	48.4	52.7	48.7	51.6	56.8	51.7	48.6	50.8	53.4	51.9	47.6	50.9	47.6	50.0
160	6.4	61.1	54.9	52.7	52.1	52.4	52.4	50.1	51.7	51.6	52.6	53.7	52.1	51.0	51.0	52.7	50.3	48.8	49.6	49.3	52.9	54.3	50.9	50.6	49.6	51.1	50.0	48.3	48.5	48.8	50.7
200	8	64.6	53.9	52.3	51.9	52.3	52.3	49.9	50.6	50.9	51.5	53.9	52.5	50.8	52.1	52.6	47.5	47.9	51.5	50.0	49.6	55.9	51.1	50.9	51.2	50.0	50.1	49.1	49.9	49.3	47.4
250	10	64.1	57.3	55.9	56.9	54.1	58.8	55.9	58.0	57.9	55.2	60.2	60.3	58.5	58.0	60.2	54.0	56.1	57.3	55.9	56.2	65.2	60.3	60.6	59.8	57.3	56.1	56.9	60.0	55.5	54.1
315	12.6	67.6	58.1	59.4	57.4	51.9	57.2	57.9	56.0	55.1	51.9	59.9	59.8	57.2	57.6	58.7	53.9	55.3	54.2	53.4	52.5	62.7	55.9	59.8	60.5	54.6	53.3	55.4	55.0	55.2	53.6
400	16	69.3	54.3	60.0	56.5	48.2	52.9	56.1	54.3	52.5	50.5	58.9	56.7	54.4	53.8	54.1	52.0	52.0	52.7	51.2	47.6	63.1	55.3	54.8	55.3	51.6	48.3	52.0	52.0	51.9	51.0
500	20	70.5	53.6	59.3	57.8	51.3	53.0	56.5	58.1	53.5	48.6	58.7	57.1	56.4	53.2	53.5	51.4	53.2	52.5	50.6	50.3	61.7	54.0	55.2	54.9	52.6	51.4	51.9	53.2	49.0	51.5
630	25.2	70.2	48.6	60.6	56.4	51.5	50.3	55.9	58.4	50.9	46.7	60.8	52.8	55.6	53.1	50.4	49.5	54.8	56.3	50.1	47.2	61.9	52.2	53.7	53.5	51.3	50.5	51.9	54.0	49.7	50.2
800	32	70.5	50.6	59.4	59.2	51.3	51.9	54.3	57.6	52.8	45.6	60.9	51.7	56.1	55.8	49.5	48.4	53.4	54.0	50.5	47.0	60.3	50.3	55.1	54.2	51.8	49.1	53.3	56.4	51.4	50.2

注1) 実験時の貯水位: EL.327.51m、放流量: $21.25\text{m}^3/\text{s}$

単位: dB

注2) fは模型の周波数、f'はfを音の相似則(原型の周波数 $f'=1/n \times$ 模型の周波数 f ($1/n$: 模型縮尺))で原型に換算した周波数

付表-2.1(1) 基本検討時における周波数特性

ケース名		対策前(現況)					CASE1-1 ($W_1=5.0\text{m}$)					CASE1-2 ($W_1=7.5\text{m}$)					CASE1-3 ($W_1=10.0\text{m}$)				
f(Hz)	f'(Hz)	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤
オーバーオール値		83.7	86.7	92.9	86.6	82.2	85.1	89.1	92.2	85.2	84.4	85.2	89.6	91.5	85.5	85.4	81.9	86.2	90.4	84.2	85.7
25	1	61.1	60.6	64.5	63.2	63.3	59.1	60.7	63.5	59.3	60.8	54.8	58.3	61.0	56.1	59.1	54.5	56.5	60.1	55.2	65.2
31.5	1.26	70.3	69.0	73.4	72.6	67.7	66.2	69.4	70.3	66.6	64.9	56.5	61.9	64.0	60.4	59.2	55.7	58.0	63.1	58.8	63.4
40	1.6	74.8	74.9	78.8	75.8	72.7	72.8	78.1	77.5	74.8	73.6	64.8	70.5	70.2	69.0	66.5	60.4	64.8	65.9	64.6	65.3
50	2	72.5	72.5	74.2	75.1	69.9	71.5	77.0	75.0	75.2	71.6	67.3	72.2	69.6	68.9	68.0	61.4	66.0	67.0	65.2	63.9
63	2.52	66.5	74.2	72.7	74.3	69.8	67.6	75.9	73.8	72.3	69.7	64.0	72.4	67.0	69.3	69.1	58.0	64.6	65.6	65.7	64.3
80	3.2	69.5	73.4	75.7	75.4	72.5	71.2	77.3	77.4	74.2	72.9	66.1	70.2	70.2	69.6	70.4	61.3	62.3	65.5	65.8	64.4
100	4	67.5	67.1	69.8	69.0	64.7	69.2	70.4	70.8	67.2	67.9	64.5	65.4	66.7	65.2	64.8	58.2	60.6	63.9	61.5	63.3
125	5	64.7	72.0	72.2	72.0	65.5	67.7	74.0	72.0	70.5	66.0	63.5	73.1	69.9	69.9	67.6	61.1	66.8	66.2	66.1	65.5
160	6.4	62.9	74.5	75.0	73.0	64.7	64.0	75.7	74.0	71.7	65.7	67.3	73.9	73.3	70.5	66.9	64.2	73.1	69.5	71.6	68.5
200	8	70.1	77.0	79.4	77.4	66.1	71.5	77.9	78.3	74.9	67.7	75.7	75.8	76.6	73.2	68.1	68.3	76.2	74.9	74.7	70.5
250	10	73.7	74.8	81.6	77.4	65.8	75.6	75.8	80.0	75.1	67.3	75.1	74.4	78.8	71.8	68.7	69.7	75.5	79.5	75.3	75.3
315	12.6	73.4	80.7	83.4	77.9	73.5	74.3	82.2	82.3	76.9	78.1	73.5	82.6	80.8	75.3	76.9	74.8	80.9	81.4	78.4	78.6
400	16	76.6	76.6	86.3	77.1	75.2	78.7	81.0	85.7	76.9	78.4	75.5	81.9	84.1	79.6	80.3	74.3	78.5	83.6	76.4	77.9
500	20	73.2	76.4	85.0	73.4	71.4	76.3	79.8	84.7	72.0	73.0	77.8	83.8	85.7	78.7	78.2	73.6	78.5	83.3	74.5	76.9
630	25.2	72.6	72.5	85.2	68.1	67.6	75.7	74.0	84.5	66.5	71.4	77.9	81.2	84.5	76.0	74.7	74.6	73.7	84.0	70.6	77.1
800	32	70.3	67.7	82.7	67.3	70.1	72.9	70.1	82.0	65.5	71.2	77.4	73.8	82.3	73.6	75.6	73.4	71.5	80.9	71.3	77.9
実験条件		貯水位		325.32		EL.m	貯水位		325.78		EL.m	貯水位		325.34		EL.m	貯水位		325.62		EL.m
		放流量		99.84		m ³ /s	放流量		100.94		m ³ /s	放流量		100.00		m ³ /s	放流量		100.00		m ³ /s

注) fは模型の周波数、f'はfを音の相似則(原型の周波数 $f'=1/n \times$ 模型の周波数 f ($1/n$: 模型縮尺))で原型に換算した周波数

単位: dB

付表-2.1(2) 基本検討時における周波数特性

ケース名		対策前(現況)					CASE2-1 ($W_2=-5.0\text{m}$)					CASE2-2 ($W_2=0\text{m}$)					CASE2-3 ($W_2=5.0\text{m}$)				
f(Hz)	f'(Hz)	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤
オーバーオール値		83.7	86.7	92.9	86.6	82.2	89.3	84.0	84.8	82.3	81.7	82.7	83.9	84.9	83.7	81.4	83.3	84.9	90.9	82.9	82.9
25	1	61.1	60.6	64.5	63.2	63.3	72.3	67.0	67.4	61.4	66.7	62.8	62.4	66.2	60.8	65.9	63.5	61.5	71.6	64.0	63.5
31.5	1.26	70.3	69.0	73.4	72.6	67.7	77.5	73.1	73.2	69.9	72.4	71.3	72.3	75.2	70.8	71.7	67.6	69.5	75.0	71.1	67.2
40	1.6	74.8	74.9	78.8	75.8	72.7	83.5	78.1	79.2	74.5	75.9	73.2	75.3	74.9	75.3	75.1	72.3	76.5	77.5	75.9	73.4
50	2	72.5	72.5	74.2	75.1	69.9	83.2	76.5	76.4	75.3	73.2	69.8	74.9	71.5	74.4	70.6	70.8	74.7	75.0	74.2	69.2
63	2.52	66.5	74.2	72.7	74.3	69.8	74.6	73.4	70.8	72.2	70.4	66.1	74.2	72.7	71.3	70.4	67.0	73.8	73.1	71.5	68.0
80	3.2	69.5	73.4	75.7	75.4	72.5	77.7	74.6	76.8	74.4	74.6	73.0	73.0	75.2	76.2	73.8	71.2	72.3	75.6	72.2	72.0
100	4	67.5	67.1	69.8	69.0	64.7	78.4	68.5	73.2	67.6	67.1	69.0	67.8	69.2	70.5	69.9	67.9	68.0	70.3	66.3	66.2
125	5	64.7	72.0	72.2	72.0	65.5	76.4	71.0	69.8	70.0	66.1	67.4	72.3	70.2	72.3	69.1	62.9	70.9	72.1	70.4	66.0
160	6.4	62.9	74.5	75.0	73.0	64.7	73.0	72.6	71.0	70.5	65.7	66.0	71.1	71.4	70.7	66.2	62.9	74.0	74.8	70.2	64.2
200	8	70.1	77.0	79.4	77.4	66.1	75.6	72.0	71.9	70.6	63.8	75.4	76.5	78.3	75.5	63.8	72.4	74.8	78.6	71.7	65.3
250	10	73.7	74.8	81.6	77.4	65.8	72.1	67.7	69.8	68.4	61.2	73.6	69.5	75.1	71.4	62.2	76.0	74.1	81.7	70.5	62.4
315	12.6	73.4	80.7	83.4	77.9	73.5	71.4	66.2	70.1	64.8	63.2	69.2	71.2	70.5	69.1	64.6	71.6	75.9	82.3	65.9	76.1
400	16	76.6	76.6	86.3	77.1	75.2	72.6	62.4	68.1	63.3	62.8	72.5	70.0	71.4	65.9	64.3	73.9	71.1	83.4	64.3	76.5
500	20	73.2	76.4	85.0	73.4	71.4	71.5	58.8	65.4	57.3	65.2	68.4	61.4	70.2	61.3	64.9	72.7	66.3	82.6	70.2	71.9
630	25.2	72.6	72.5	85.2	68.1	67.6	69.6	57.4	63.4	56.7	61.4	68.3	57.7	66.4	58.8	63.6	72.5	71.5	81.1	68.9	68.6
800	32	70.3	67.7	82.7	67.3	70.1	68.9	58.9	61.1	57.7	61.1	63.7	59.6	63.6	58.9	62.9	71.4	71.9	77.9	66.8	70.3
実験条件		貯水位		325.32		EL.m	貯水位		325.65		EL.m	貯水位		325.68		EL.m	貯水位		325.00		EL.m
		放流量		99.84		m ³ /s	放流量		100.47		m ³ /s	放流量		99.53		m ³ /s	放流量		99.69		m ³ /s

注) fは模型の周波数、f'はfを音の相似則(原型の周波数f'=1/n×模型の周波数f(1/n:模型縮尺))で原型に換算した周波数

単位: dB

付表-2.1(3) 基本検討時における周波数特性

ケース名		対策前(現況)					CASE3-1 ($W_1=8.75\text{m}$, $W_2=2.5\text{m}$)					CASE3-2 ($W_1=8.75\text{m}$, $W_2=3.75\text{m}$)				
f(Hz)	f'(Hz)	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤
オーバーオール値		83.7	86.7	92.9	86.6	82.2	77.6	81.5	84.6	80.0	83.4	80.2	81.3	87.8	80.3	83.4
25	1	61.1	60.6	64.5	63.2	63.3	52.0	56.6	72.5	54.0	63.5	67.9	69.3	68.2	66.5	67.4
31.5	1.26	70.3	69.0	73.4	72.6	67.7	53.4	58.5	70.8	55.1	62.2	61.6	64.0	65.3	61.9	62.4
40	1.6	74.8	74.9	78.8	75.8	72.7	59.6	63.7	67.6	61.8	62.1	63.2	65.8	65.5	63.0	62.9
50	2	72.5	72.5	74.2	75.1	69.9	59.5	63.0	66.6	63.2	62.5	64.3	65.2	67.0	66.3	64.3
63	2.52	66.5	74.2	72.7	74.3	69.8	56.7	64.7	64.8	63.1	61.8	58.9	65.9	64.2	63.6	62.2
80	3.2	69.5	73.4	75.7	75.4	72.5	61.8	64.3	64.9	66.3	63.8	61.9	62.2	63.4	63.3	63.4
100	4	67.5	67.1	69.8	69.0	64.7	58.5	63.3	68.6	63.1	65.4	60.8	63.2	62.2	60.6	63.5
125	5	64.7	72.0	72.2	72.0	65.5	60.7	67.7	66.6	66.4	66.6	64.1	68.3	66.0	65.6	66.0
160	6.4	62.9	74.5	75.0	73.0	64.7	61.2	69.4	65.7	67.1	67.4	63.2	71.0	67.0	67.5	66.9
200	8	70.1	77.0	79.4	77.4	66.1	61.7	71.8	70.4	69.2	67.8	68.4	71.4	72.6	70.9	68.2
250	10	73.7	74.8	81.6	77.4	65.8	67.8	72.1	72.8	71.6	70.2	69.5	71.7	75.0	72.1	69.7
315	12.6	73.4	80.7	83.4	77.9	73.5	66.7	74.3	72.6	71.7	74.9	69.3	73.1	77.1	71.7	75.4
400	16	76.6	76.6	86.3	77.1	75.2	67.2	73.1	75.7	71.9	75.5	72.2	72.4	80.3	71.9	76.5
500	20	73.2	76.4	85.0	73.4	71.4	68.7	70.4	76.3	68.7	74.2	71.4	68.5	80.0	66.9	74.0
630	25.2	72.6	72.5	85.2	68.1	67.6	71.1	70.3	77.6	68.7	76.0	72.6	69.0	81.7	68.7	74.8
800	32	70.3	67.7	82.7	67.3	70.1	71.0	70.5	75.9	69.9	76.5	70.8	69.7	80.6	70.0	76.2
実験条件		貯水位		325.32		EL.m	貯水位		325.50		EL.m	貯水位		325.21		EL.m
		放流量		99.84		m ³ /s	放流量		99.84		m ³ /s	放流量		98.96		m ³ /s

注) f は模型の周波数、f' はfを音の相似則(原型の周波数f'=1/n×模型の周波数f(1/n:模型縮尺))で原型に換算した周波数 単位: dB

付表-2.2(1) 詳細検討時における周波数特性

ケース名		対策前(現況)					CASE4-1 (L=0m)					CASE4-2 (L=-5.0m)					CASE4-3 (L=-10.0m)				
f(Hz)	f'(Hz)	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤
オーバーオール値		83.7	86.7	92.9	86.6	82.2	81.9	83.2	89.1	80.8	84.0	81.6	83.0	90.4	82.5	84.2	82.5	83.9	90.3	81.6	84.0
25	1	61.1	60.6	64.5	63.2	63.3	55.8	57.4	59.7	56.0	58.4	54.9	56.2	60.7	55.4	61.9	55.1	55.9	62.8	55.2	64.4
31.5	1.26	70.3	69.0	73.4	72.6	67.7	56.1	57.8	61.5	57.4	60.1	55.0	57.2	61.8	56.6	61.8	53.9	56.7	63.2	56.0	63.7
40	1.6	74.8	74.9	78.8	75.8	72.7	65.9	66.8	68.3	66.9	65.4	65.7	66.8	68.3	67.3	65.9	66.1	68.1	70.7	67.5	66.1
50	2	72.5	72.5	74.2	75.1	69.9	63.6	63.2	63.9	64.6	62.5	62.7	63.1	64.7	64.6	63.3	64.0	64.0	65.8	64.8	63.1
63	2.52	66.5	74.2	72.7	74.3	69.8	60.4	67.6	66.2	67.5	64.6	61.6	69.1	65.9	67.3	64.7	60.6	68.2	66.3	66.5	65.0
80	3.2	69.5	73.4	75.7	75.4	72.5	63.2	65.8	66.4	67.1	64.9	61.4	64.0	65.1	65.5	65.0	61.8	63.6	65.8	65.8	65.0
100	4	67.5	67.1	69.8	69.0	64.7	59.6	61.1	61.7	62.4	62.5	59.3	61.8	62.7	61.8	64.5	59.6	61.5	63.8	61.5	64.2
125	5	64.7	72.0	72.2	72.0	65.5	60.9	66.8	65.0	64.4	65.6	61.0	67.3	65.5	65.0	66.8	60.6	66.7	65.6	65.2	66.9
160	6.4	62.9	74.5	75.0	73.0	64.7	62.8	71.2	69.0	67.7	67.3	63.5	69.5	68.6	69.1	67.7	62.5	70.7	68.2	67.9	67.6
200	8	70.1	77.0	79.4	77.4	66.1	68.9	72.8	75.2	71.0	67.6	69.7	71.7	75.2	74.1	68.4	68.4	72.4	73.2	71.9	68.1
250	10	73.7	74.8	81.6	77.4	65.8	69.0	73.0	76.5	71.9	70.2	68.6	73.2	76.1	73.7	71.2	69.3	74.3	75.4	73.3	70.6
315	12.6	73.4	80.7	83.4	77.9	73.5	71.4	75.7	78.7	73.4	75.7	70.7	75.7	79.2	75.3	75.8	71.0	77.0	77.7	74.4	75.9
400	16	76.6	76.6	86.3	77.1	75.2	74.5	72.9	81.8	72.5	77.1	72.3	73.8	83.2	74.4	76.8	73.9	74.3	82.5	72.8	76.8
500	20	73.2	76.4	85.0	73.4	71.4	74.0	70.1	81.3	68.7	77.1	73.4	70.1	82.9	69.6	77.1	73.9	69.8	83.1	68.5	77.0
630	25.2	72.6	72.5	85.2	68.1	67.6	74.7	72.2	82.7	66.9	74.8	75.0	71.7	84.5	69.5	75.3	76.4	73.3	84.8	69.0	74.6
800	32	70.3	67.7	82.7	67.3	70.1	74.5	77.0	81.8	70.3	76.3	75.2	76.4	83.3	72.4	76.1	76.5	77.7	83.7	72.1	75.6
実験条件		貯水位		325.32		EL.m	貯水位		325.33		EL.m	貯水位		324.51		EL.m	貯水位		324.87		EL.m
		放流量		99.84		m ³ /s	放流量		100.78		m ³ /s	放流量		99.53		m ³ /s	放流量		100.31		m ³ /s

注) fは模型の周波数、f'はfを音の相似則(原型の周波数f'=1/n×模型の周波数f(1/n:模型縮尺))で原型に換算した周波数

単位: dB

付表-2.2(2) 詳細検討時における周波数特性

ケース名		対策前(現況)					CASE5-1 ($\theta=5$ 度)					CASE5-2 ($\theta=10$ 度)					CASE5-3 ($\theta=15$ 度)				
f(Hz)	f'(Hz)	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤	測点①	測点②	測点③	測点④	測点⑤
オーバーオール値		83.7	86.7	92.9	86.6	82.2	86.2	86.8	94.7	84.6	86.0	85.5	86.4	93.6	83.3	85.0	84.7	85.2	92.9	82.3	82.9
25	1	61.1	60.6	64.5	63.2	63.3	57.4	58.4	63.2	57.6	72.5	57.2	58.4	63.6	56.9	65.9	56.4	57.9	66.6	56.2	58.4
31.5	1.26	70.3	69.0	73.4	72.6	67.7	61.6	62.9	66.2	64.5	71.6	62.4	62.5	65.6	62.7	65.0	61.6	61.6	67.7	62.5	60.5
40	1.6	74.8	74.9	78.8	75.8	72.7	67.1	68.6	69.8	69.4	69.8	66.3	68.3	69.7	67.9	66.7	66.2	67.4	70.4	67.3	64.5
50	2	72.5	72.5	74.2	75.1	69.9	62.6	64.0	65.2	64.7	67.4	62.7	64.4	65.1	65.0	64.1	62.2	63.6	66.7	64.5	62.6
63	2.52	66.5	74.2	72.7	74.3	69.8	63.9	70.1	68.9	69.9	67.4	63.6	69.6	67.6	67.9	66.2	63.1	68.6	68.9	68.1	64.8
80	3.2	69.5	73.4	75.7	75.4	72.5	64.5	66.9	67.6	67.3	67.8	64.1	66.4	67.4	67.0	65.4	64.7	66.0	68.5	67.4	65.0
100	4	67.5	67.1	69.8	69.0	64.7	60.9	61.8	64.5	62.4	66.1	61.2	62.4	64.8	63.0	65.7	61.7	62.1	66.8	62.5	64.0
125	5	64.7	72.0	72.2	72.0	65.5	61.4	68.0	67.8	67.9	68.5	61.9	68.2	69.1	67.2	67.9	60.9	67.5	67.9	66.1	65.8
160	6.4	62.9	74.5	75.0	73.0	64.7	65.5	71.8	71.3	69.7	69.0	64.1	72.2	72.3	69.9	68.2	64.1	72.6	70.5	69.2	66.0
200	8	70.1	77.0	79.4	77.4	66.1	73.2	73.6	77.9	75.6	68.9	71.4	74.4	76.9	74.5	68.9	69.0	74.4	77.3	73.2	65.7
250	10	73.7	74.8	81.6	77.4	65.8	73.2	74.8	80.3	75.8	71.4	73.9	76.1	79.6	75.0	71.0	70.5	74.7	79.1	73.8	67.6
315	12.6	73.4	80.7	83.4	77.9	73.5	74.9	79.2	83.6	78.0	76.7	74.5	79.7	82.5	75.9	76.7	74.4	77.2	82.9	74.7	74.0
400	16	76.6	76.6	86.3	77.1	75.2	78.9	76.0	87.7	77.1	78.7	78.1	75.8	86.3	75.6	78.4	78.2	73.4	86.0	73.8	75.8
500	20	73.2	76.4	85.0	73.4	71.4	78.9	72.3	87.5	70.9	79.2	77.9	72.1	86.4	71.0	78.1	77.4	69.8	85.9	69.6	76.9
630	25.2	72.6	72.5	85.2	68.1	67.6	79.0	78.8	88.6	70.4	76.0	78.3	77.4	87.5	68.6	74.8	77.5	77.0	86.2	68.8	72.4
800	32	70.3	67.7	82.7	67.3	70.1	79.6	81.9	88.1	74.2	77.6	78.9	80.5	86.8	72.3	76.6	77.0	79.7	85.3	72.2	75.0
実験条件		貯水位		325.32		EL.m	貯水位		324.97		EL.m	貯水位		325.15		EL.m	貯水位		325.47		EL.m
		放流量		99.84		m ³ /s	放流量		100.78		m ³ /s	放流量		100.94		m ³ /s	放流量		101.09		m ³ /s

注) fは模型の周波数、f'はfを音の相似則(原型の周波数f'=1/n×模型の周波数f(1/n:模型縮尺))で原型に換算した周波数

単位: dB

付表-3.1 対策後の周波数特性(Q=100m³/s)

f(Hz)	f'(Hz)	測点 1	測点 2	測点 3	測点 4	測点 5	測点 6	測点 7	測点 8	測点 9	測点 10	測点 11	測点 12	測点 13	測点 14	測点 15	測点 16	測点 17	測点 18	測点 19	測点 20	測点 21	測点 22	測点 23	測点 24	測点 25	測点 26	測点 27	測点 28	測点 29	測点 30
オーバーオール値		91.7	72.9	79.0	80.2	75.1	70.0	73.5	77.4	74.4	72.4	79.5	72.6	75.2	76.4	74.4	69.5	71.6	74.7	72.2	70.9	80.0	72.5	73.3	73.0	73.1	69.8	70.2	72.1	70.9	70.4
25	1	66.9	52.7	54.9	54.8	56.3	53.0	52.3	54.9	56.3	57.0	54.4	52.2	50.5	51.9	52.8	53.0	50.0	50.5	52.4	54.6	50.3	46.6	45.2	47.5	46.9	51.3	46.7	44.4	48.4	50.3
31.5	1.26	66.4	53.2	56.5	56.2	54.4	54.6	50.7	49.8	49.4	52.5	58.9	51.0	52.3	52.5	48.4	52.3	48.3	47.3	44.4	50.2	53.8	49.0	49.8	49.9	47.6	49.5	47.4	46.6	44.4	48.5
40	1.6	70.1	61.4	65.0	63.8	66.5	58.4	55.5	60.3	58.0	55.3	61.8	59.0	60.7	62.3	59.2	55.8	53.5	57.2	54.3	56.2	62.6	57.0	59.4	60.8	58.2	58.3	54.8	57.8	56.3	56.7
50	2	65.6	60.7	61.8	58.8	62.7	54.1	53.7	54.9	58.0	57.0	61.6	58.2	57.8	59.0	59.3	51.8	51.8	53.8	54.7	53.2	57.1	53.7	54.9	55.6	54.9	52.3	50.2	52.8	53.0	53.5
63	2.52	66.0	61.5	61.5	59.9	56.5	58.8	59.9	55.9	56.7	59.2	58.9	62.5	56.1	56.1	55.7	56.8	59.3	53.7	54.0	57.2	60.6	57.4	55.2	56.0	55.9	52.0	54.3	51.7	53.2	52.3
80	3.2	66.5	59.9	62.4	58.9	60.1	57.3	54.3	58.1	56.7	56.4	63.1	59.6	58.7	59.4	57.2	56.4	56.9	57.3	55.1	58.4	62.2	56.5	54.8	55.2	56.3	57.2	55.6	55.2	54.4	58.3
100	4	64.2	59.5	59.4	57.3	58.7	52.8	51.8	54.0	52.2	51.7	63.9	58.1	56.8	55.9	55.9	53.4	52.1	54.5	51.2	55.0	61.3	56.7	55.5	54.5	56.3	55.9	52.6	52.9	53.6	55.4
125	5	66.4	59.3	60.0	58.8	59.6	56.5	55.8	59.5	56.5	57.3	65.0	57.0	57.5	56.7	58.1	55.9	54.3	56.7	54.1	57.5	65.7	59.4	59.3	60.3	57.2	55.8	55.5	57.7	54.8	58.5
160	6.4	70.4	60.8	60.2	61.0	62.4	60.8	60.4	58.7	59.1	62.6	67.0	62.8	61.2	62.8	62.2	60.8	61.6	61.9	62.6	61.1	72.9	64.7	65.3	65.6	65.9	59.4	60.6	62.9	59.7	62.5
200	8	76.4	62.1	61.2	61.5	64.2	59.5	59.6	61.0	59.6	61.7	66.6	59.9	61.5	62.1	63.1	57.3	58.1	61.3	57.2	60.4	66.4	62.6	62.6	61.8	62.9	58.6	59.4	61.0	60.0	60.3
250	10	75.6	59.4	62.9	61.3	61.7	58.5	58.9	63.2	58.5	61.4	66.1	61.4	61.0	62.1	63.7	57.0	56.7	59.8	56.2	58.2	64.9	60.4	61.4	60.8	62.2	56.2	56.8	59.4	58.7	58.4
315	12.6	81.2	57.7	70.3	72.8	64.8	58.7	64.2	65.0	66.6	64.2	67.7	64.0	62.9	65.6	65.0	59.1	59.7	63.3	60.6	59.5	70.4	61.5	64.0	60.8	61.5	60.4	56.4	60.1	59.7	60.2
400	16	83.9	58.7	71.3	71.1	60.6	59.6	63.3	65.7	65.9	60.3	69.8	61.2	67.3	68.6	65.3	60.4	61.5	65.1	61.2	61.7	68.8	63.3	61.7	61.4	64.1	59.3	60.0	60.5	59.1	57.9
500	20	85.1	62.7	70.2	70.9	63.4	57.5	64.4	70.2	64.9	62.1	69.9	63.4	67.6	69.8	67.6	61.0	62.3	66.3	64.7	61.5	70.6	61.7	63.8	63.3	63.6	59.7	61.6	63.4	61.4	61.2
630	25.2	85.1	65.1	71.7	74.3	63.4	59.3	66.3	71.0	66.8	61.4	74.2	61.7	67.4	68.4	65.7	58.3	63.9	68.6	65.7	61.1	73.3	62.8	64.2	63.9	63.5	59.7	62.6	64.9	63.5	60.5
800	32	85.1	63.3	72.0	73.6	68.9	59.3	67.3	72.3	67.5	63.9	70.9	59.1	67.9	68.1	62.5	57.0	65.0	67.8	64.5	59.8	70.8	62.4	64.3	64.4	62.3	60.9	61.9	64.2	64.0	57.8

注1) 実験時の貯水位:EL.326.32m、放流量:102.44m³/s

単位: dB

注2) fは模型の周波数、f'はfを音の相似則(原型の周波数f'=1/n×模型の周波数f(1/n:模型縮尺))で原型に換算した周波数

付表-3.2 対策後の周波数特性(Q=80m³/s)

f(Hz)	f'(Hz)	測点 1	測点 2	測点 3	測点 4	測点 5	測点 6	測点 7	測点 8	測点 9	測点 10	測点 11	測点 12	測点 13	測点 14	測点 15	測点 16	測点 17	測点 18	測点 19	測点 20	測点 21	測点 22	測点 23	測点 24	測点 25	測点 26	測点 27	測点 28	測点 29	測点 30
オーバーオール値		89.0	72.1	78.5	80.1	73.5	69.7	72.0	76.1	74.8	71.2	80.0	72.4	74.2	75.8	74.4	70.5	72.3	74.1	72.3	70.4	79.3	71.2	71.9	71.9	71.8	69.4	68.8	70.8	70.4	69.0
25	1	60.5	52.2	52.5	53.0	53.7	51.0	52.2	53.0	53.5	54.4	52.8	49.4	47.6	48.9	50.0	50.0	49.4	48.5	51.0	52.3	49.2	45.2	43.3	43.2	45.7	49.6	50.3	41.1	44.6	48.0
31.5	1.26	60.8	50.7	52.7	53.0	49.1	51.9	48.5	48.0	46.8	50.3	57.4	49.9	50.6	51.1	46.5	50.3	47.2	46.3	43.7	48.6	52.1	47.4	48.5	48.4	46.4	47.5	47.0	45.3	43.1	46.1
40	1.6	68.4	61.7	65.4	65.1	62.6	53.7	53.5	59.1	57.9	53.9	62.4	57.9	59.2	61.3	58.0	55.8	52.8	56.3	54.1	54.1	61.7	54.6	58.7	59.3	56.0	57.2	53.5	56.2	55.1	54.8
50	2	64.1	61.0	62.6	60.3	61.6	55.2	53.3	56.8	57.5	58.5	62.9	58.6	57.7	59.6	58.9	54.6	53.6	54.1	55.7	53.5	58.1	54.0	55.2	55.5	54.3	54.1	51.3	53.1	53.8	53.3
63	2.52	64.7	62.4	60.9	60.3	57.4	59.2	60.0	55.7	57.3	60.0	60.1	61.0	55.3	56.2	55.3	57.5	59.6	54.4	55.0	57.4	61.1	57.1	55.4	56.0	55.8	53.5	54.7	52.1	53.3	51.8
80	3.2	65.4	58.6	62.3	58.8	60.1	56.4	55.4	56.0	55.9	55.6	63.4	57.4	58.6	58.8	56.4	56.1	54.9	55.5	55.1	57.4	59.6	55.6	54.2	55.2	54.3	58.2	54.2	55.4	52.3	57.7
100	4	62.1	57.3	57.0	54.8	56.1	51.2	51.3	51.4	51.9	51.3	61.5	55.6	53.0	54.1	53.9	52.4	50.6	51.9	49.6	53.1	59.7	54.3	52.8	52.1	54.7	54.5	50.5	51.2	51.3	52.9
125	5	63.7	57.9	58.9	59.2	58.3	56.7	55.5	58.3	56.7	56.9	63.7	55.6	56.6	55.7	56.4	56.1	53.9	55.5	53.3	57.1	63.0	57.2	56.6	57.0	55.3	54.5	52.5	55.0	53.4	56.3
160	6.4	67.0	59.7	58.6	60.5	61.0	60.5	58.6	58.1	58.8	59.9	66.0	61.7	60.4	61.3	61.8	61.7	61.6	62.1	62.1	60.6	71.6	63.7	63.9	63.8	65.6	57.9	58.8	62.1	58.6	60.7
200	8	70.9	60.3	59.5	60.3	61.4	59.1	57.9	58.2	58.3	58.7	64.8	59.6	60.4	59.8	60.6	57.9	59.1	59.2	57.0	58.2	66.5	60.8	60.4	61.2	61.5	57.9	59.1	60.9	58.7	58.7
250	10	73.1	57.7	60.7	61.3	60.6	58.7	56.9	62.4	56.4	59.1	65.0	61.5	60.5	60.4	62.0	57.0	58.8	58.4	57.6	57.6	63.5	59.6	60.6	61.0	61.5	55.9	55.4	58.9	57.6	57.6
315	12.6	76.4	56.7	69.6	72.9	64.3	58.3	61.3	63.6	66.3	61.1	72.4	63.9	61.3	63.8	64.9	59.5	61.9	62.3	60.7	59.2	70.5	60.1	60.7	59.1	60.3	61.0	54.6	58.1	59.4	59.1
400	16	82.2	58.3	70.7	72.4	61.2	61.5	62.7	64.8	67.8	59.7	69.5	61.4	66.6	68.0	65.8	62.6	64.4	64.1	61.6	62.6	67.5	62.1	60.7	60.2	62.1	59.2	58.6	59.4	59.7	56.6
500	20	81.8	62.0	70.1	71.0	65.3	57.2	62.9	68.4	66.2	62.4	70.3	65.5	66.6	69.1	68.6	62.5	63.1	66.3	64.1	60.4	70.1	60.7	62.4	62.9	61.8	59.1	60.0	61.6	60.8	59.2
630	25.2	83.1	63.9	71.4	73.8	60.2	59.0	63.8	70.1	67.1	60.8	73.7	61.0	66.2	68.2	65.7	59.2	64.0	68.3	66.3	61.4	72.8	61.8	63.2	63.0	61.6	59.3	61.1	63.0	63.1	59.2
800	32	82.1	63.0	71.0	72.4	66.1	57.2	65.8	70.8	67.8	63.4	72.6	59.6	66.9	68.2	63.4	59.4	65.0	67.3	65.0	59.9	70.1	60.6	63.4	62.6	59.7	59.5	60.3	62.4	63.9	57.4

注1) 実験時の貯水位:EL.325.54m、放流量:82.13m³/s

単位: dB

注2) fは模型の周波数、f'はfを音の相似則(原型の周波数f'=1/n×模型の周波数f(1/n:模型縮尺))で原型に換算した周波数

付表-3.3 対策後の周波数特性(Q=60m³/s)

f(Hz)	f'(Hz)	測点 1	測点 2	測点 3	測点 4	測点 5	測点 6	測点 7	測点 8	測点 9	測点 10	測点 11	測点 12	測点 13	測点 14	測点 15	測点 16	測点 17	測点 18	測点 19	測点 20	測点 21	測点 22	測点 23	測点 24	測点 25	測点 26	測点 27	測点 28	測点 29	測点 30
オーバーオール値		88.1	69.1	75.9	75.7	70.9	68.0	70.4	75.4	71.8	69.0	78.6	69.1	72.6	73.5	71.1	68.2	68.3	71.1	70.4	67.7	78.6	69.2	70.9	70.8	70.3	66.9	67.1	68.7	67.9	67.1
25	1	60.8	50.2	49.8	50.1	58.5	50.8	48.9	50.2	51.6	52.1	54.2	47.3	47.0	60.4	48.3	48.5	46.4	46.6	48.0	49.9	45.4	43.8	41.2	42.4	44.7	48.1	43.5	39.7	43.7	46.6
31.5	1.26	60.4	50.7	51.1	49.5	47.8	52.1	48.7	46.8	45.9	51.0	57.3	48.4	49.6	64.5	45.7	49.6	45.9	45.1	43.3	47.5	51.7	47.3	48.2	47.8	46.6	45.5	45.3	43.7	42.9	45.3
40	1.6	66.4	58.1	61.4	62.6	60.3	56.0	51.5	58.6	56.3	53.0	60.3	56.4	58.7	58.2	56.7	54.5	52.7	55.2	53.4	53.8	62.7	58.0	59.4	59.0	57.7	56.0	54.1	55.0	54.7	55.1
50	2	65.1	59.2	61.1	58.9	60.1	55.0	55.0	55.8	57.2	56.0	63.2	57.1	57.6	57.7	57.6	54.0	52.4	54.1	54.6	55.2	60.1	55.6	57.1	56.3	56.5	54.9	54.3	54.2	54.7	56.0
63	2.52	63.2	59.9	59.2	57.8	57.1	57.3	58.3	54.1	55.7	56.8	57.1	57.2	53.4	56.0	54.6	55.1	55.2	51.8	52.9	54.8	58.8	55.0	54.6	54.9	55.1	52.6	52.4	50.7	52.1	50.0
80	3.2	63.4	55.7	60.0	54.3	54.6	54.6	52.5	56.4	52.1	53.8	60.2	54.7	54.6	57.0	55.8	53.2	52.3	52.9	53.5	54.2	59.8	52.9	54.0	55.2	50.5	53.7	50.2	51.4	50.2	54.9
100	4	59.8	53.0	55.0	50.7	53.3	49.6	47.9	50.5	50.1	48.0	57.4	52.2	50.3	57.5	50.8	50.7	46.8	49.0	46.3	50.1	55.9	52.0	50.6	49.7	52.0	52.3	47.7	48.5	49.6	50.9
125	5	61.7	54.8	56.6	55.3	56.1	53.4	52.4	56.4	53.9	53.9	61.1	52.2	52.5	57.7	53.8	52.8	49.8	52.4	50.2	53.4	58.7	54.4	54.3	53.8	53.1	51.3	49.2	51.9	50.0	52.9
160	6.4	65.3	58.3	57.5	57.9	59.2	58.6	56.5	57.6	57.6	56.9	65.0	59.6	59.1	59.6	60.2	61.3	59.1	60.1	60.3	59.3	68.1	61.3	62.8	62.5	63.6	56.5	55.7	59.1	56.4	58.0
200	8	69.6	57.8	57.5	57.8	58.6	58.1	57.3	57.0	57.3	57.3	65.2	56.9	60.4	58.1	58.9	57.3	58.8	57.9	56.3	58.3	65.8	59.8	59.6	59.9	61.0	57.3	59.2	61.1	58.8	56.3
250	10	71.7	56.9	57.1	56.8	57.4	58.4	56.5	60.9	55.1	58.7	63.3	61.0	60.2	58.0	60.5	55.2	56.7	56.3	55.7	56.8	63.6	58.5	61.3	60.4	61.4	55.0	54.5	57.3	54.6	57.1
315	12.6	75.4	54.3	65.3	66.8	59.2	54.5	59.3	63.1	59.8	59.1	69.5	58.8	60.4	60.6	61.2	55.4	55.3	58.2	59.0	55.0	67.5	58.2	58.4	59.2	58.4	57.2	52.6	55.3	56.6	56.2
400	16	80.8	54.1	67.9	66.4	56.5	57.1	61.1	64.4	61.8	58.0	68.9	57.0	64.7	63.3	61.1	58.2	57.4	60.8	59.9	57.6	71.1	58.4	59.2	58.4	59.6	55.0	55.3	55.4	55.9	54.6
500	20	81.3	55.9	67.4	66.7	60.2	56.5	62.1	67.8	62.5	60.2	69.5	59.9	65.0	65.5	64.2	59.7	58.3	62.5	62.8	56.8	70.5	57.7	61.2	61.7	58.9	55.3	57.6	59.3	57.4	56.7
630	25.2	82.0	60.0	69.3	70.1	59.3	56.9	62.4	69.6	65.5	59.2	72.8	57.8	64.2	64.8	61.8	56.1	59.8	65.2	63.7	57.5	71.8	58.5	62.0	61.7	59.4	57.0	59.0	60.1	60.0	56.7
800	32	82.0	59.8	69.2	68.9	64.5	54.9	63.7	69.8	65.7	59.9	71.0	56.1	65.1	65.0	59.8	56.7	60.6	64.2	62.8	55.9	69.6	58.0	61.5	61.8	58.0	55.9	58.3	60.3	60.8	55.3

注1) 実験時の貯水位: EL.325.77m、放流量: 60.98m³/s

単位: dB

注2) fは模型の周波数、f'はfを音の相似則(原型の周波数f'=1/n×模型の周波数f(1/n:模型縮尺))で原型に換算した周波数

付表-3.4 対策後の周波数特性 ($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)

f(Hz)	f'(Hz)	測点 1	測点 2	測点 3	測点 4	測点 5	測点 6	測点 7	測点 8	測点 9	測点 10	測点 11	測点 12	測点 13	測点 14	測点 15	測点 16	測点 17	測点 18	測点 19	測点 20	測点 21	測点 22	測点 23	測点 24	測点 25	測点 26	測点 27	測点 28	測点 29	測点 30
オーバーオール値		82.1	67.1	71.5	72.1	67.8	65.4	67.4	70.9	68.6	66.3	76.5	67.0	69.7	70.5	68.4	64.9	66.9	67.8	66.6	66.0	75.4	67.2	68.8	69.0	67.5	65.8	66.2	67.6	65.3	65.4
25	1	55.7	50.7	52.1	52.5	52.7	51.0	50.5	52.5	55.3	55.0	52.2	51.5	53.5	54.9	52.0	51.0	49.7	46.7	53.9	51.9	49.6	50.1	45.2	44.3	47.1	52.7	49.7	45.6	47.8	50.6
31.5	1.26	55.9	51.7	50.5	51.2	50.5	54.4	51.6	47.7	52.2	53.0	54.7	50.5	50.2	51.0	47.4	53.2	49.9	47.6	46.9	50.6	51.2	48.3	49.4	49.0	47.8	49.5	47.3	46.3	44.6	48.1
40	1.6	61.4	54.6	57.9	58.8	57.4	50.5	50.4	55.5	52.9	49.8	56.6	51.2	54.1	60.2	53.5	53.3	48.5	51.2	50.6	54.1	56.9	52.2	55.3	56.2	55.3	55.3	51.5	52.7	53.1	55.0
50	2	60.4	58.1	57.4	56.7	58.5	52.7	53.5	52.5	54.4	52.3	61.5	57.0	57.5	57.5	56.6	52.4	52.8	51.8	52.6	53.8	58.8	55.3	55.4	54.6	54.4	52.7	52.7	52.0	51.8	53.7
63	2.52	59.2	56.2	54.0	53.8	54.5	53.1	54.5	50.5	54.0	54.7	55.5	54.5	52.8	52.7	52.3	51.0	54.1	50.7	52.4	55.4	57.4	54.1	52.8	53.2	53.6	50.4	51.2	48.8	50.4	49.8
80	3.2	58.9	57.0	57.5	52.7	50.7	49.9	51.2	52.8	48.5	50.4	57.8	53.6	52.0	56.1	57.0	52.0	52.5	50.1	54.2	54.5	56.5	50.6	51.6	52.0	49.5	53.8	49.7	50.5	50.0	53.2
100	4	56.2	51.4	50.1	49.3	51.7	48.3	47.9	46.9	46.1	48.2	55.6	52.0	48.7	50.1	49.8	50.8	47.1	48.0	45.8	50.1	54.0	50.7	48.8	48.7	51.6	52.2	47.1	48.0	49.0	50.8
125	5	56.6	52.4	51.2	51.3	53.4	50.2	48.7	51.2	49.2	51.0	56.1	49.4	48.7	51.1	50.1	48.5	47.6	48.3	47.8	50.5	54.6	50.0	49.6	49.7	49.3	48.6	46.9	48.7	46.1	49.7
160	6.4	57.2	52.6	51.9	52.0	54.4	54.0	51.7	51.7	52.2	51.9	58.3	53.6	53.3	53.3	53.5	54.7	53.3	53.4	53.6	53.8	60.7	53.9	55.5	54.6	55.5	51.6	51.4	52.9	50.3	52.2
200	8	64.2	56.1	56.8	56.7	57.5	56.8	58.2	56.5	57.3	55.8	64.0	55.4	60.0	58.3	57.8	54.1	57.7	59.5	56.4	57.8	67.4	59.7	59.9	61.6	60.7	58.1	60.9	62.7	59.1	56.7
250	10	65.7	56.3	54.8	54.7	56.8	58.9	56.5	57.5	53.8	57.6	61.3	59.9	58.4	56.9	59.8	55.2	56.7	55.4	56.0	56.8	62.6	58.8	61.5	62.3	60.8	54.7	54.7	58.0	52.9	57.2
315	12.6	69.2	52.6	60.5	61.8	56.3	51.5	55.1	58.2	56.6	53.9	66.2	56.5	57.1	57.8	58.3	52.7	54.5	54.4	54.4	52.0	64.7	56.0	57.4	57.0	55.3	54.3	52.1	53.7	53.2	53.7
400	16	73.5	51.3	62.0	62.7	53.5	52.4	55.9	59.3	59.3	53.5	67.1	54.3	60.5	60.4	57.6	52.4	55.3	57.2	54.0	53.3	66.5	56.2	57.5	56.7	55.8	53.0	54.5	54.1	51.8	51.9
500	20	75.8	54.7	62.7	62.8	53.6	52.2	58.4	63.8	59.4	57.2	67.6	56.9	61.6	63.0	59.3	54.9	56.8	57.6	56.8	53.6	65.4	55.5	58.3	58.1	55.0	54.3	56.0	56.8	53.8	52.8
630	25.2	76.1	58.1	65.1	66.3	55.7	53.0	59.0	64.3	60.8	55.9	71.2	55.1	60.8	62.0	58.7	52.2	58.4	61.3	58.7	53.8	68.6	56.6	59.4	58.8	55.2	55.3	56.6	58.1	56.2	54.3
800	32	76.1	56.9	64.7	65.6	60.7	50.9	59.8	65.1	62.0	56.0	69.2	53.6	61.7	62.2	57.4	51.7	59.0	60.4	57.9	52.1	66.7	56.2	59.1	58.7	54.8	54.2	56.3	58.6	56.8	53.2

注1) 実験時の貯水位: EL.325.62m、放流量: $40.78\text{m}^3/\text{s}$

単位: dB

注2) f は模型の周波数、f' はfを音の相似則(原型の周波数f'=1/n×模型の周波数f(1/n:模型縮尺))で原型に換算した周波数

付表-3.5 対策後の周波数特性(Q=20m³/s)

f(Hz)	f'(Hz)	測点 1	測点 2	測点 3	測点 4	測点 5	測点 6	測点 7	測点 8	測点 9	測点 10	測点 11	測点 12	測点 13	測点 14	測点 15	測点 16	測点 17	測点 18	測点 19	測点 20	測点 21	測点 22	測点 23	測点 24	測点 25	測点 26	測点 27	測点 28	測点 29	測点 30
オーバーオール値		77.9	65.2	67.4	68.7	65.7	63.6	64.1	66.2	64.6	64.5	71.2	65.4	66.0	66.5	66.5	64.0	64.2	64.4	64.1	63.9	72.4	65.2	67.2	67.8	66.5	64.7	63.4	65.1	64.0	64.3
25	1	55.4	51.1	50.4	51.4	52.1	52.7	50.5	50.1	51.6	53.9	47.7	47.8	47.2	48.1	49.1	50.2	47.6	47.1	48.1	50.7	45.9	46.3	43.3	42.9	45.4	47.7	44.7	41.2	44.3	48.6
31.5	1.26	53.3	51.2	49.8	48.0	49.2	53.3	50.3	45.2	46.8	52.4	51.2	49.4	48.7	47.8	46.2	51.3	48.8	45.6	44.6	47.8	51.3	48.5	49.5	49.5	46.5	47.0	47.7	46.2	44.6	47.0
40	1.6	61.3	55.4	57.6	59.2	55.8	50.8	52.0	55.8	53.8	48.2	58.9	54.4	55.7	58.1	57.0	57.7	51.1	52.7	53.4	54.3	60.6	54.6	57.6	59.6	59.5	58.1	53.0	54.9	57.1	56.7
50	2	57.8	55.2	55.4	54.9	53.9	51.5	51.2	51.9	51.2	50.9	57.0	55.5	54.7	54.3	53.6	52.2	51.8	51.5	50.9	51.4	54.6	53.5	53.3	52.2	52.4	52.1	50.5	51.2	50.8	52.8
63	2.52	58.0	54.8	52.8	53.0	52.4	51.2	52.4	49.4	51.6	54.3	54.5	53.3	50.9	52.3	51.1	49.8	51.9	49.2	50.2	53.0	57.3	53.4	52.4	53.1	51.7	50.2	50.9	48.2	49.7	50.5
80	3.2	58.8	58.4	58.5	53.8	56.4	51.5	53.8	51.9	52.6	52.9	59.5	56.4	54.0	57.3	57.9	54.3	56.0	49.6	53.8	55.3	60.8	53.0	53.8	54.9	54.2	57.0	50.3	51.0	52.7	55.9
100	4	54.3	50.6	49.1	47.8	49.8	48.5	47.0	45.8	45.9	47.5	54.5	51.5	48.5	47.6	48.8	50.1	46.5	47.2	44.5	49.2	53.7	51.3	48.5	48.0	51.4	51.4	46.7	47.5	48.0	49.9
125	5	54.6	53.1	49.2	50.6	53.8	51.6	48.9	49.5	49.2	52.7	54.7	50.2	48.7	48.7	49.9	50.5	48.2	48.8	47.6	50.5	53.5	51.9	49.7	49.7	49.5	50.7	47.5	48.2	47.9	51.9
160	6.4	54.0	50.2	48.3	47.9	51.6	49.8	47.8	47.9	48.0	50.5	52.6	50.9	49.2	48.8	49.9	49.5	48.1	48.0	47.6	50.5	54.5	51.3	50.1	49.2	52.1	49.2	49.0	48.6	47.7	49.8
200	8	59.5	50.1	49.1	50.0	51.1	50.0	49.4	50.1	49.7	50.2	56.0	49.9	52.0	50.7	51.5	47.9	49.8	51.6	48.5	48.8	58.3	51.4	51.9	52.9	51.5	49.5	50.4	51.3	50.4	51.5
250	10	63.5	54.0	53.8	54.0	56.8	57.7	57.3	56.9	56.8	57.9	60.2	57.7	56.6	57.5	60.2	54.8	57.4	56.9	59.0	57.2	65.3	58.8	61.7	62.4	61.2	53.8	56.5	60.5	55.7	56.0
315	12.6	66.7	52.1	56.5	60.1	57.3	51.4	53.7	56.4	54.5	55.1	61.3	57.3	56.4	56.2	58.2	53.6	53.8	53.8	54.6	51.6	63.2	54.4	58.4	58.8	55.7	53.9	53.3	54.5	54.0	52.7
400	16	71.3	48.2	59.1	60.3	50.5	48.1	52.3	53.9	53.8	49.8	61.2	50.9	56.0	54.8	54.0	48.5	51.2	53.9	49.2	49.0	62.8	52.1	55.4	55.5	53.2	49.5	51.5	51.9	51.0	48.4
500	20	70.8	48.3	56.1	58.0	49.0	48.5	51.1	56.6	53.3	50.3	61.9	51.7	56.0	56.4	53.8	50.4	51.0	52.8	50.7	49.7	61.6	52.2	56.2	55.7	54.2	52.1	51.7	52.5	51.8	50.0
630	25.2	70.9	52.0	58.5	61.2	49.2	47.1	51.0	57.3	53.2	49.4	63.9	50.4	54.9	54.8	52.6	47.0	51.4	55.7	52.3	47.9	63.5	51.9	55.2	54.4	51.3	50.3	51.4	52.2	51.8	49.6
800	32	70.8	50.7	57.7	60.0	54.9	46.2	52.8	59.0	55.0	49.8	62.5	49.1	55.9	56.0	50.6	47.1	52.6	55.0	51.6	46.8	62.2	51.9	55.1	55.3	51.0	51.2	52.0	55.1	53.5	49.2

注1) 実験時の貯水位:EL.326.54m、放流量:21.09m³/s

単位: dB

注2) fは模型の周波数、f'はfを音の相似則(原型の周波数f'=1/n×模型の周波数f(1/n:模型縮尺))で原型に換算した周波数

付表-4.1 減勢工内水面形測定結果(TYPE-B模型)

Q=2,200m³/s

ダム軸からの距離(m)	現況(対策なし)						CASE4-1						CASE4-3					
	左岸測線(EL.m)		中央測線(EL.m)		右岸測線(EL.m)		左岸測線(EL.m)		中央測線(EL.m)		右岸測線(EL.m)		左岸測線(EL.m)		中央測線(EL.m)		右岸測線(EL.m)	
	最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均
50	285.60	284.15	287.60	286.35	285.10	284.50	287.00	285.50	288.75	287.75	286.60	285.90	288.60	287.00	289.00	287.60	287.75	287.00
60	290.35	287.75	289.50	287.75	290.10	288.00	291.25	289.75	289.85	288.75	290.25	289.75	290.60	288.85	290.15	288.85	290.50	288.50
70	291.85	289.35	293.00	290.50	292.25	290.25	292.25	290.40	292.25	291.15	291.25	290.75	292.25	290.85	293.35	292.00	293.25	291.50
80	293.15	291.90	294.90	293.15	293.75	292.65	294.05	292.65	296.15	293.75	294.40	292.80	293.80	292.15	295.50	293.40	295.15	292.75
90	294.65	293.65	296.40	294.30	295.15	294.15	294.65	293.65	295.50	294.65	295.25	293.90	295.15	293.65	296.40	294.00	295.65	294.15
100	295.25	294.15	295.15	293.60	295.10	294.15	295.25	294.10	294.45	293.75	295.05	294.25	295.40	294.65	295.10	294.50	295.40	293.65
110	294.90	293.90	294.50	293.65	294.65	293.75	294.65	293.75	294.40	293.75	294.50	294.30	295.15	293.70	294.40	293.85	294.40	293.40
120	293.15	292.65	293.40	292.40	293.75	292.90	293.50	293.05	293.40	292.85	293.65	292.90	293.80	292.90	293.50	292.80	293.40	292.65
130	289.65	288.50	288.90	288.30	289.65	288.75	290.00	289.00	290.25	289.20	289.40	288.85	288.65	288.15	289.65	289.00	290.25	288.75
140	281.25	279.75	280.40	279.60	279.65	279.15	281.20	280.05	280.55	280.05	281.15	280.30	281.00	279.55	280.15	279.40	279.05	279.20

Q=700m³/s

ダム軸からの距離(m)	現況(対策なし)						CASE4-1						CASE4-3					
	左岸測線(EL.m)		中央測線(EL.m)		右岸測線(EL.m)		左岸測線(EL.m)		中央測線(EL.m)		右岸測線(EL.m)		左岸測線(EL.m)		中央測線(EL.m)		右岸測線(EL.m)	
	最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均
50	287.25	286.60	287.85	287.00	287.10	286.35	287.05	286.50	288.10	287.00	287.00	286.25	287.55	286.60	288.10	287.35	287.10	286.60
60	288.25	286.90	288.50	287.35	288.10	287.10	288.20	287.70	288.50	288.00	288.50	287.25	288.50	287.70	288.85	288.00	288.50	288.00
70	289.25	288.40	289.75	288.75	290.00	289.10	289.85	288.75	289.75	288.65	290.10	289.50	289.55	288.85	289.50	288.75	289.55	288.75
80	290.65	289.30	290.15	289.00	289.80	289.15	290.90	290.15	290.15	289.15	290.15	289.15	290.95	290.15	290.40	289.50	290.00	289.25
90	289.40	288.90	290.50	289.15	289.40	288.65	289.00	288.65	290.00	289.15	289.00	288.50	289.40	288.80	290.05	289.20	289.25	288.65
100	289.50	288.80	289.40	288.80	289.10	288.65	289.65	289.10	289.70	289.15	289.40	288.90	289.30	288.85	289.65	289.15	289.15	288.65
110	289.15	288.65	289.15	288.75	288.90	288.50	289.10	288.75	289.30	288.65	289.15	288.65	289.25	288.65	289.15	288.65	289.00	288.50
120	288.50	288.25	289.25	288.65	288.65	288.25	288.55	288.25	289.10	288.50	288.70	288.15	288.85	288.40	288.65	288.40	288.70	288.15
130	283.40	282.65	284.25	283.90	284.15	283.65	283.15	282.50	284.55	283.80	283.75	283.25	283.75	282.90	283.70	283.40	283.40	282.80
140	275.55	275.15	275.75	275.15	275.50	275.15	275.75	275.25	275.50	275.15	275.40	275.10	275.65	275.05	275.25	274.90	275.45	275.15

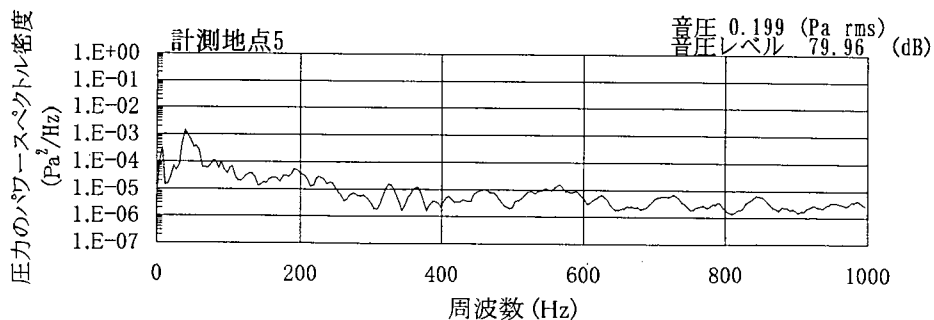
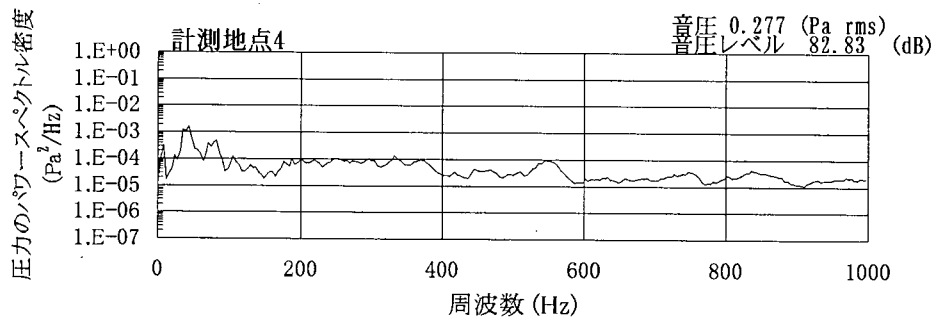
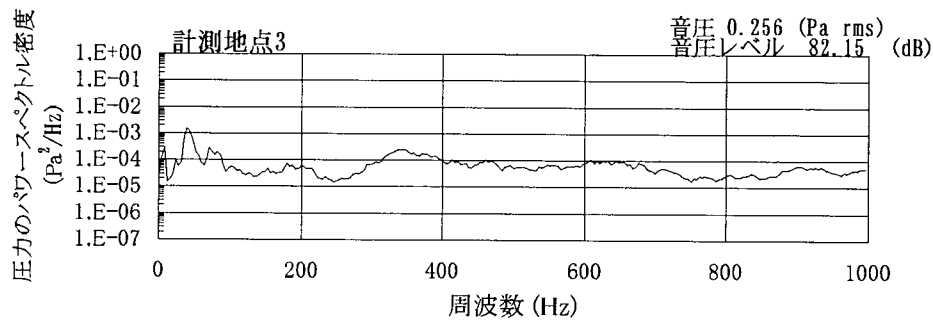
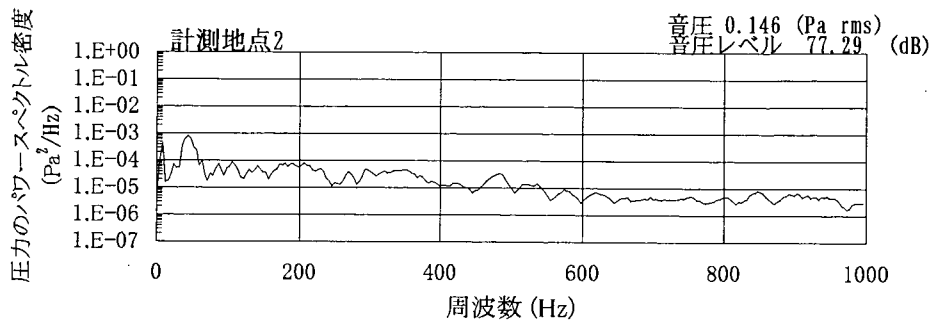
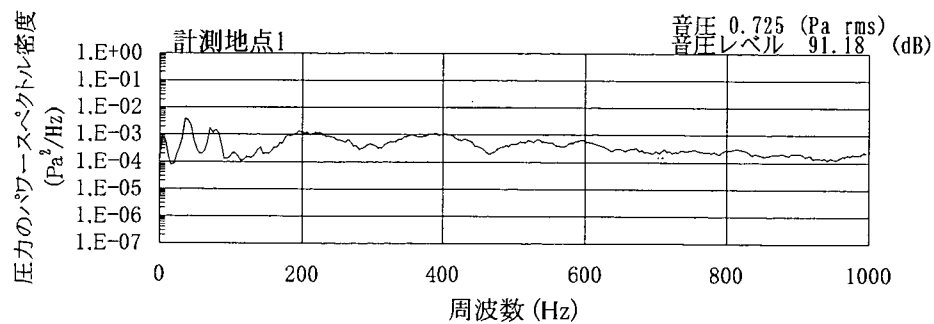
付 図

付 図 リ ス ト

- 付図-1.1(1) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 1～5〕
- 付図-1.1(2) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 6～10〕
- 付図-1.1(3) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 11～15〕
- 付図-1.1(4) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 16～20〕
- 付図-1.1(5) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 21～25〕
- 付図-1.1(6) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 26～30〕
- 付図-1.2(1) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 1～5〕
- 付図-1.2(2) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 6～10〕
- 付図-1.2(3) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 11～15〕
- 付図-1.2(4) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 16～20〕
- 付図-1.2(5) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 21～25〕
- 付図-1.2(6) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 26～30〕
- 付図-1.3(1) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 1～5〕
- 付図-1.3(2) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 6～10〕
- 付図-1.3(3) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 11～15〕
- 付図-1.3(4) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 16～20〕
- 付図-1.3(5) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 21～25〕
- 付図-1.3(6) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 26～30〕
- 付図-1.4(1) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 1～5〕
- 付図-1.4(2) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 6～10〕
- 付図-1.4(3) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 11～15〕
- 付図-1.4(4) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 16～20〕
- 付図-1.4(5) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 21～25〕
- 付図-1.4(6) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 26～30〕
- 付図-1.5(1) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 1～5〕
- 付図-1.5(2) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 6～10〕
- 付図-1.5(3) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 11～15〕
- 付図-1.5(4) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 16～20〕
- 付図-1.5(5) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 21～25〕
- 付図-1.5(6) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 26～30〕
- 付図-2.1(1) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(対策前(現況))
- 付図-2.1(2) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE1-1)

- 付図-2.1(3) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE1-2)
- 付図-2.1(4) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE1-3)
- 付図-2.1(5) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE2-1)
- 付図-2.1(6) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE2-2)
- 付図-2.1(7) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE2-3)
- 付図-2.1(8) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE3-1)
- 付図-2.1(9) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE3-2)
- 付図-2.2(1) 詳細検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE4-1)
- 付図-2.2(2) 詳細検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE4-2)
- 付図-2.2(3) 詳細検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE4-3)
- 付図-2.2(4) 詳細検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE5-1)
- 付図-2.2(5) 詳細検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE5-2)
- 付図-2.2(6) 詳細検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE5-3)
- 付図-3.1(1) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 1～5〕
- 付図-3.1(2) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 6～10〕
- 付図-3.1(3) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 11～15〕
- 付図-3.1(4) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 16～20〕
- 付図-3.1(5) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 21～25〕
- 付図-3.1(6) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 26～30〕
- 付図-3.2(1) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 1～5〕
- 付図-3.2(2) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 6～10〕
- 付図-3.2(3) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 11～15〕
- 付図-3.2(4) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 16～20〕
- 付図-3.2(5) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 21～25〕
- 付図-3.2(6) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 26～30〕
- 付図-3.3(1) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 1～5〕
- 付図-3.3(2) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 6～10〕
- 付図-3.3(3) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 11～15〕
- 付図-3.3(4) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 16～20〕
- 付図-3.3(5) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 21～25〕
- 付図-3.3(6) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 26～30〕
- 付図-3.4(1) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 1～5〕
- 付図-3.4(2) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 6～10〕
- 付図-3.4(3) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 11～15〕
- 付図-3.4(4) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 16～20〕

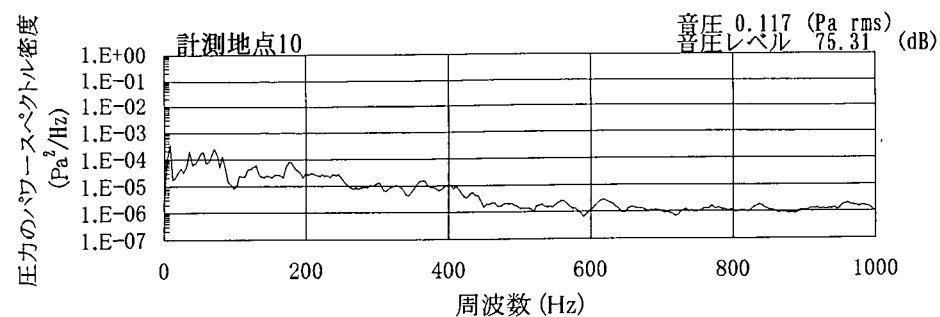
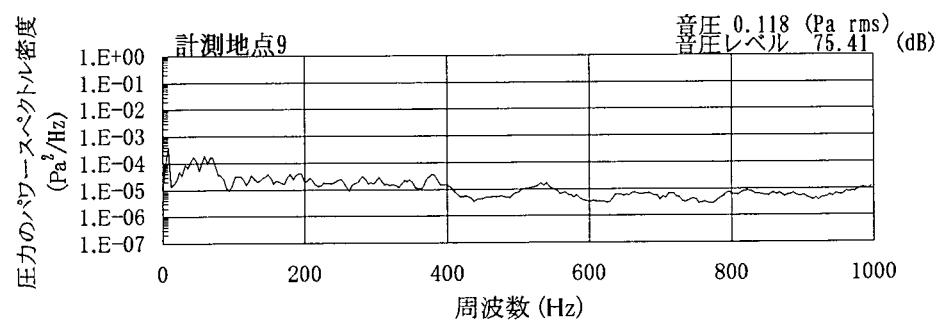
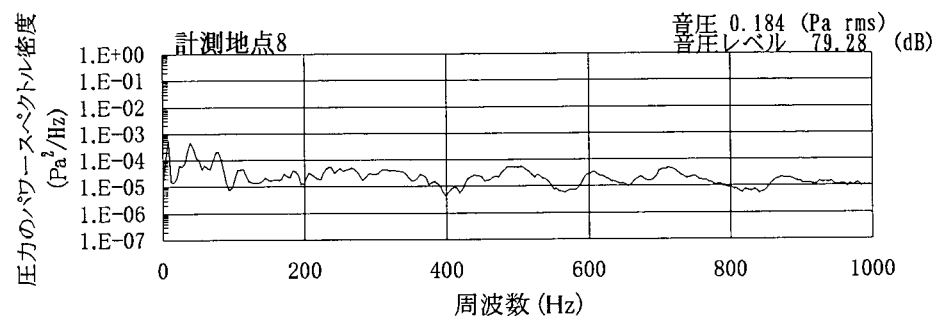
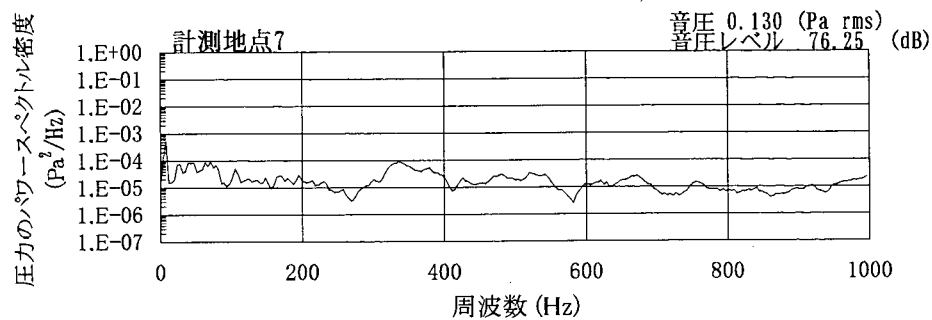
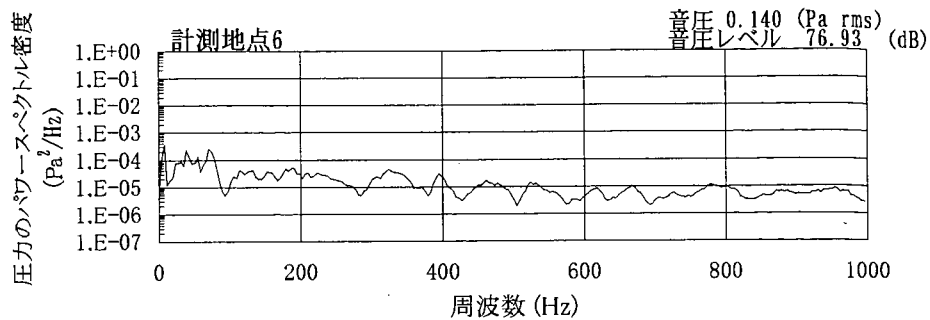
- 付図-3.4(5) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 21~25〕
- 付図-3.4(6) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 26~30〕
- 付図-3.5(1) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 1~5〕
- 付図-3.5(2) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 6~10〕
- 付図-3.5(3) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 11~15〕
- 付図-3.5(4) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 16~20〕
- 付図-3.5(5) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 21~25〕
- 付図-3.5(6) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点 26~30〕



貯水池水位=326.55m

流量 Q=99.53 m³/s

付図-1.1(1) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=100m³/s)[測点1~5]

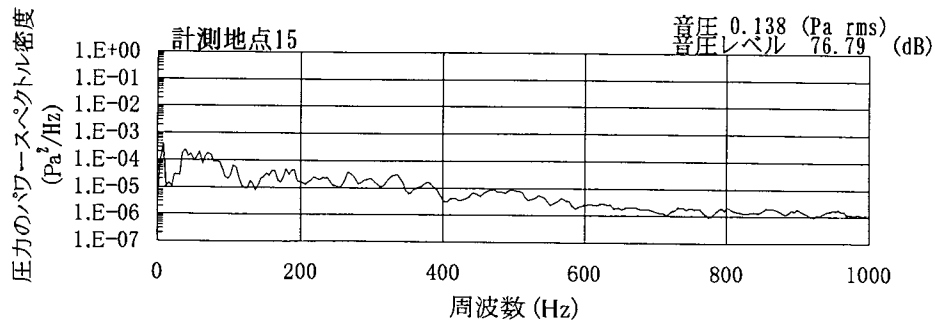
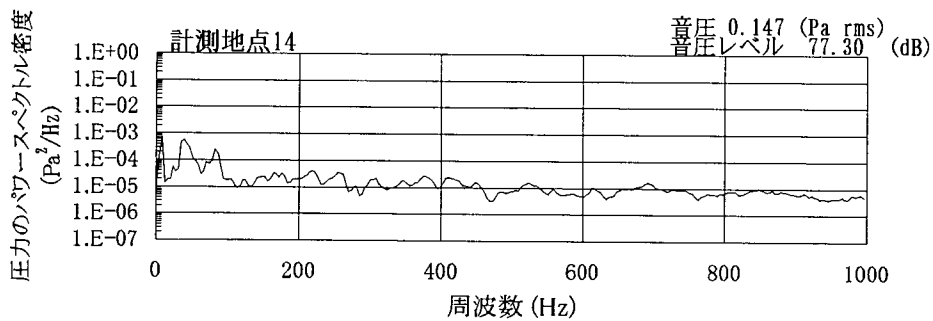
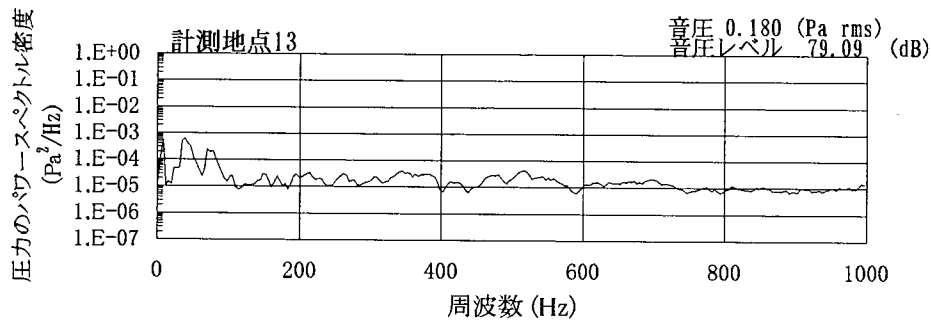
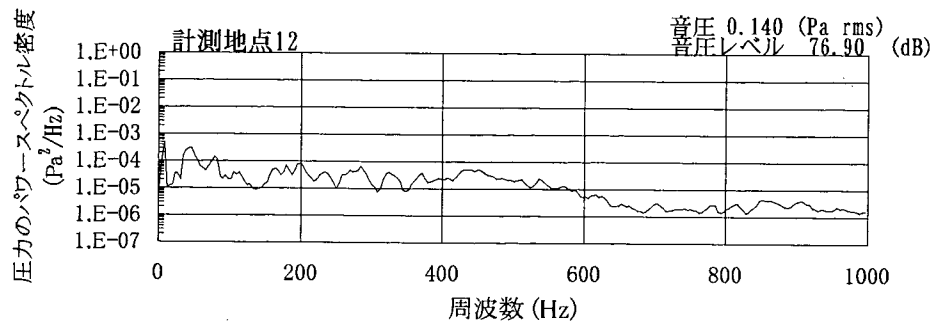
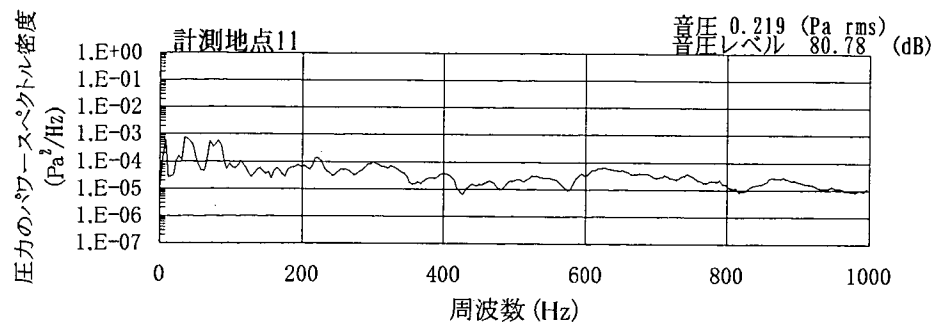


貯水池水位=326.55m

流量 Q=99.53

m^3/s

付図-1.1(2) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点6~10〕

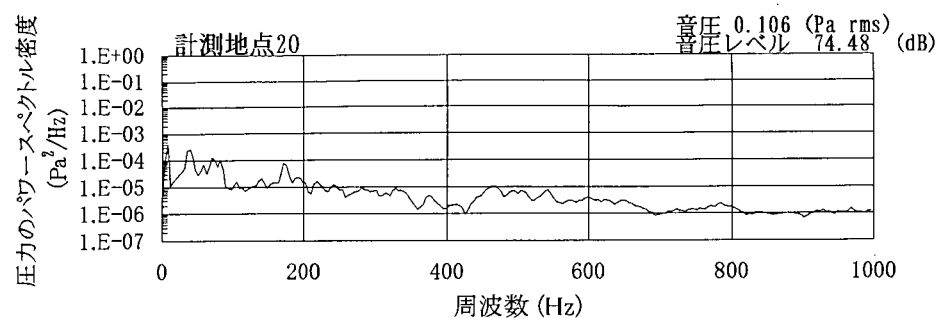
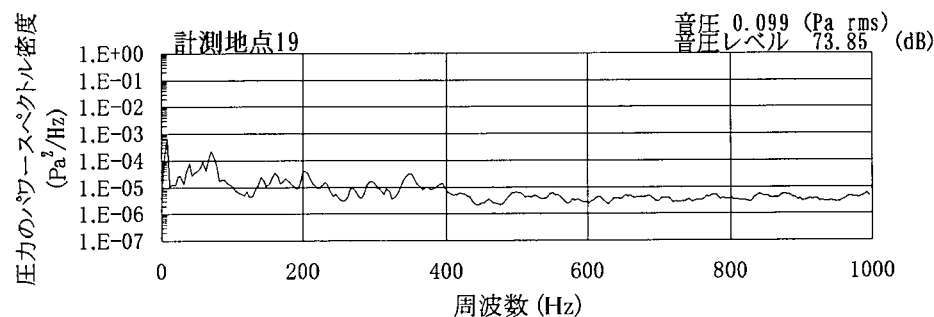
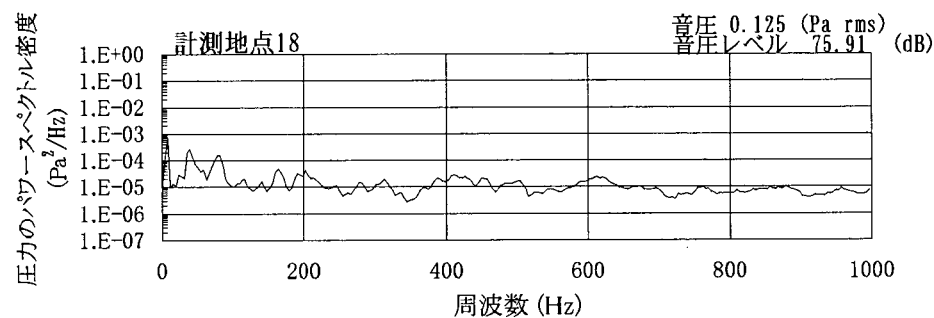
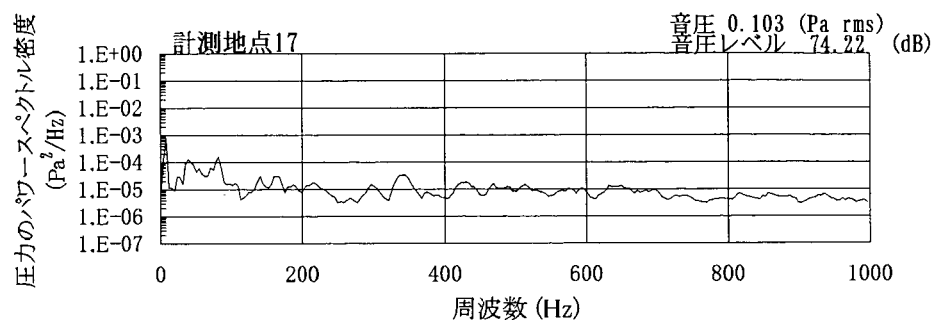
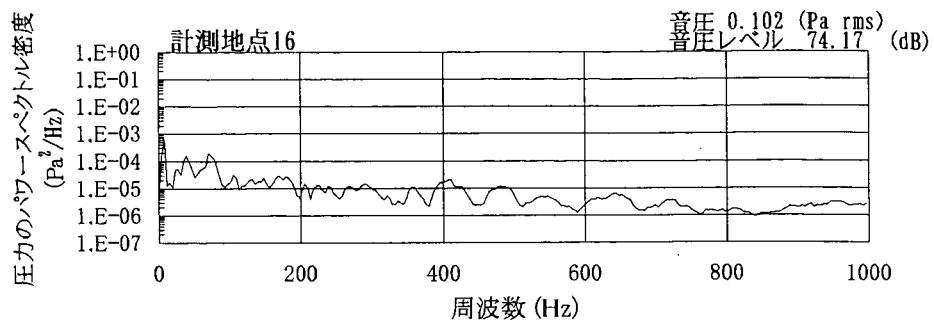


貯水池水位=326.55m

流量 Q=99.53

m³/s

付図-1.1(3) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=100m³/s)〔測点11～15〕

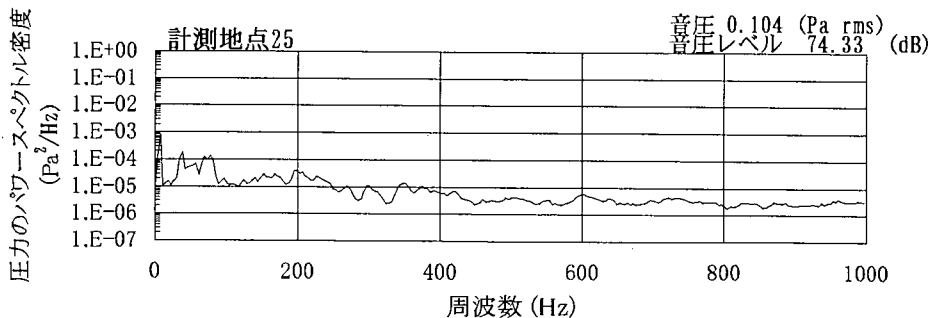
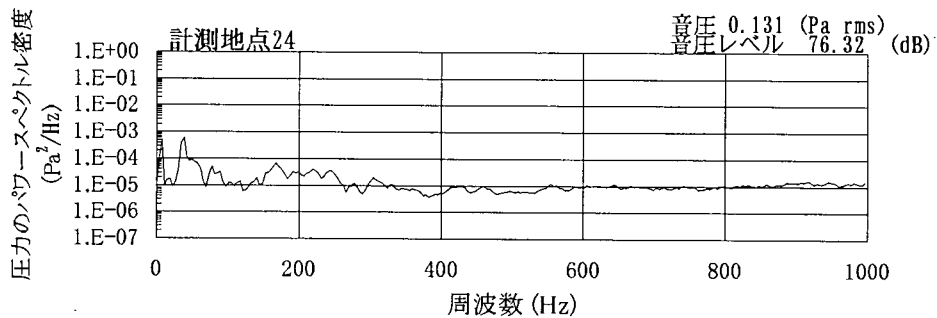
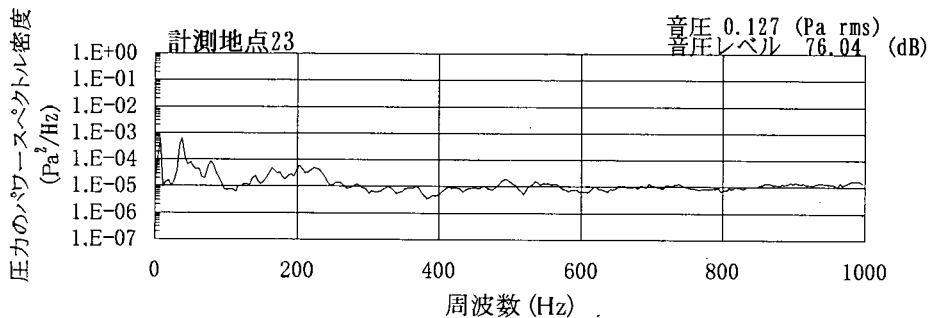
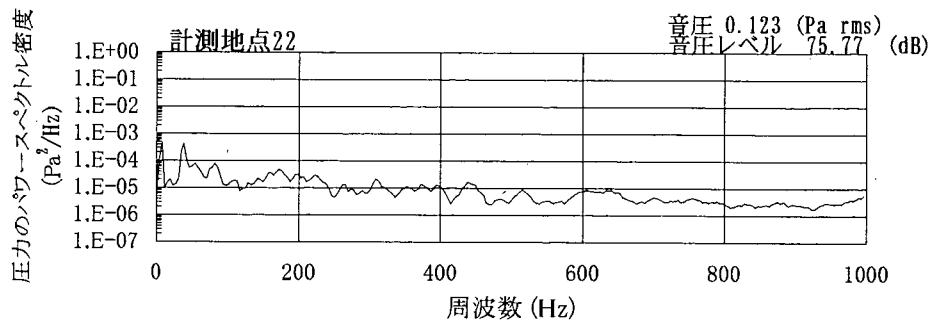
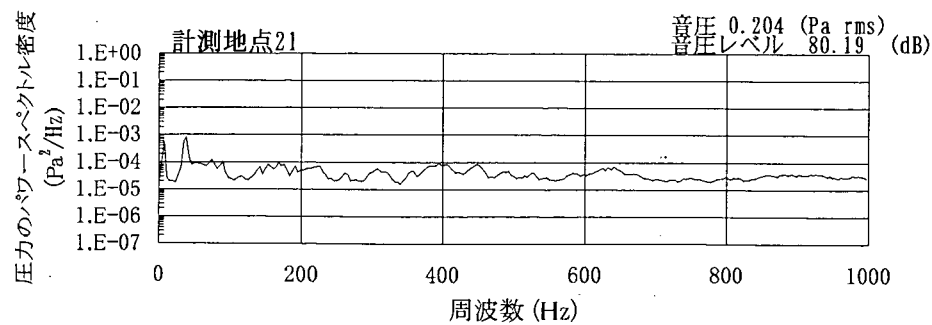


貯水池水位=326.55m

流量 $Q=99.53$

m^3/s

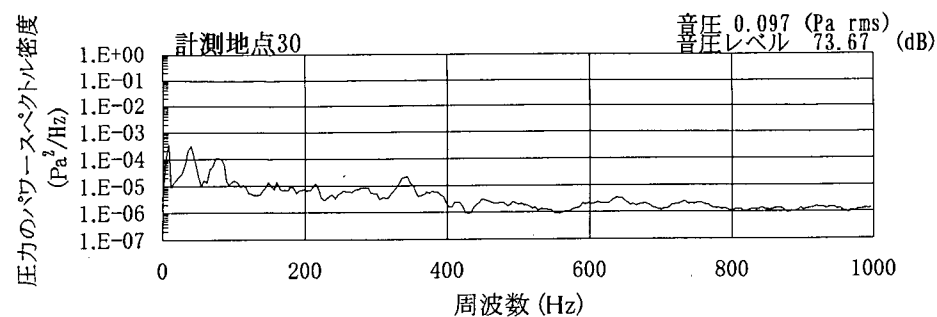
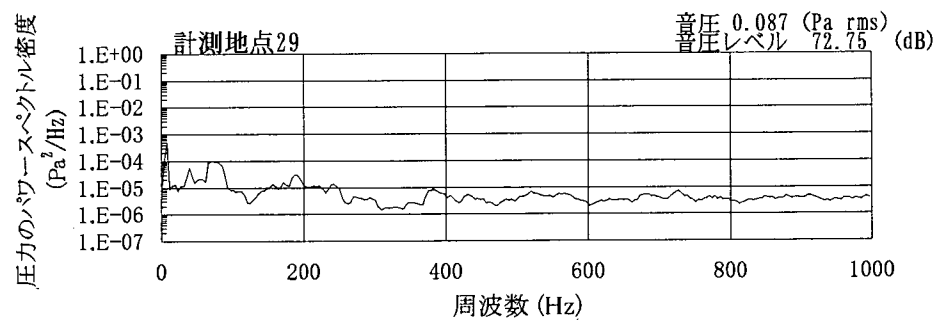
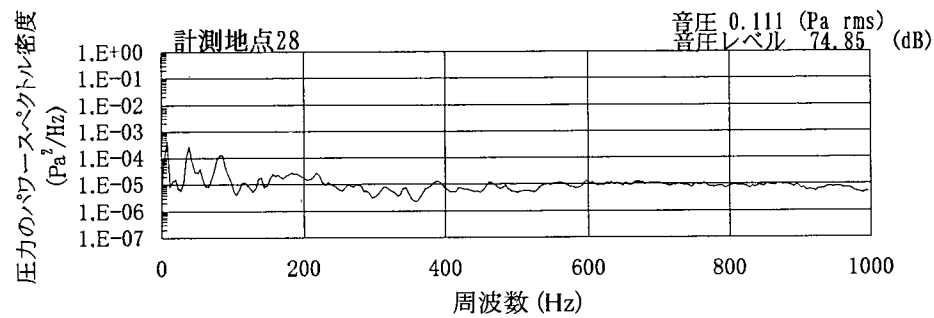
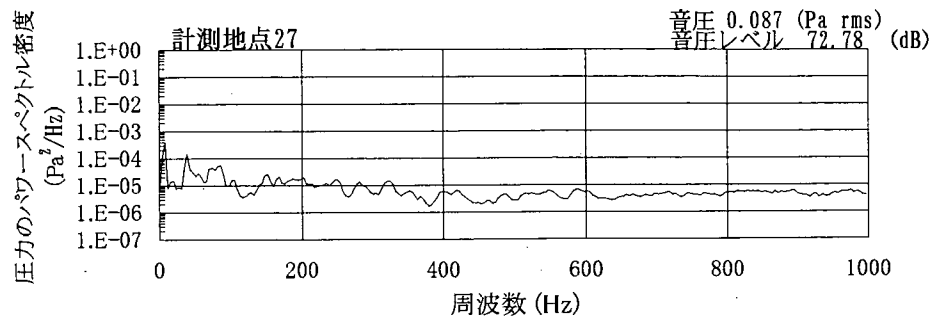
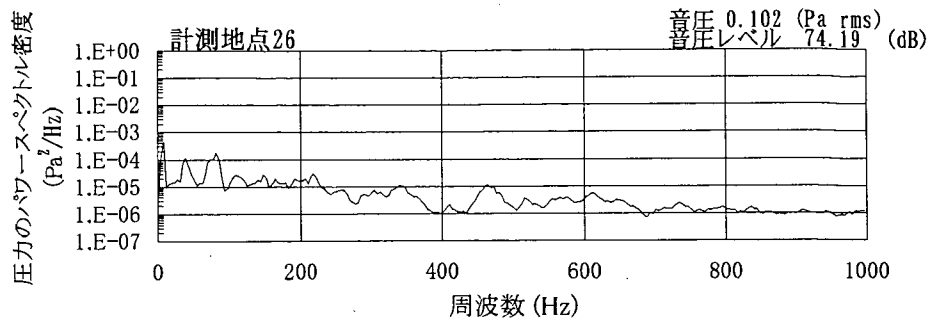
付図-1.1(4) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点16~20〕



貯水池水位=326.55m

流量 $Q=99.53 \text{ m}^3/\text{s}$

付図-1.1(5) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点21~25〕

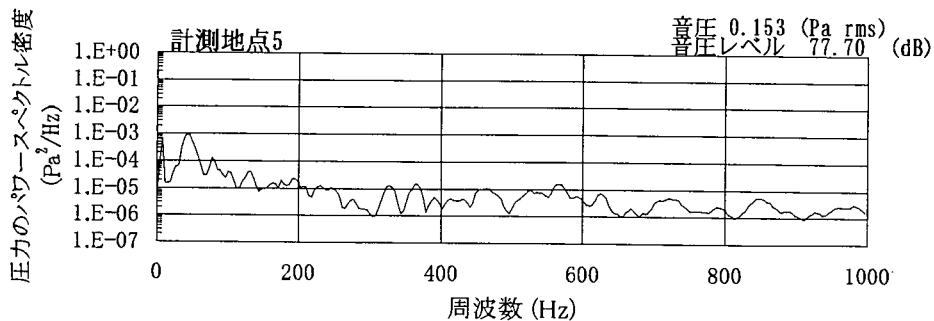
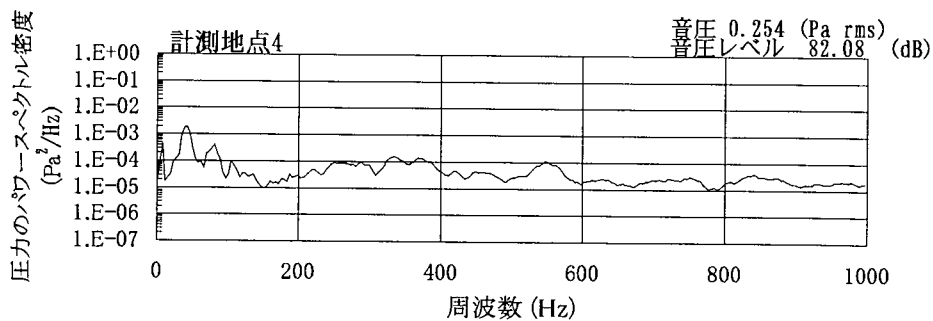
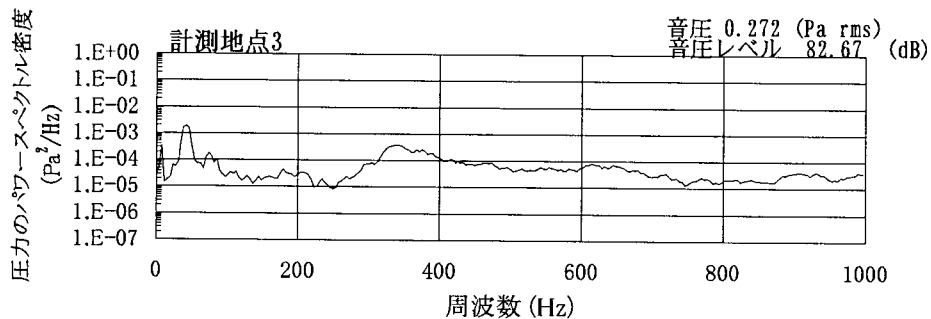
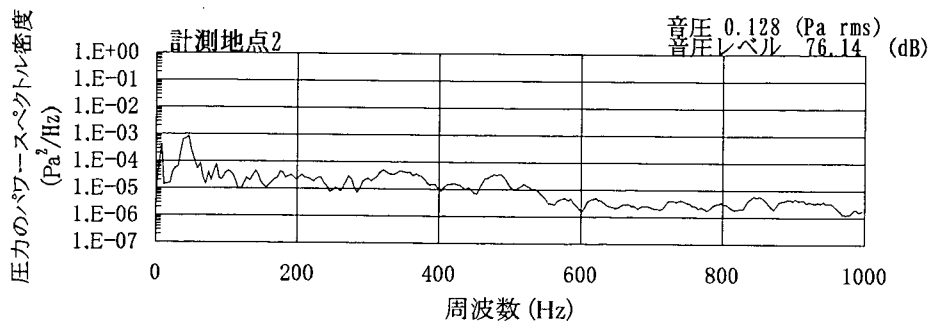
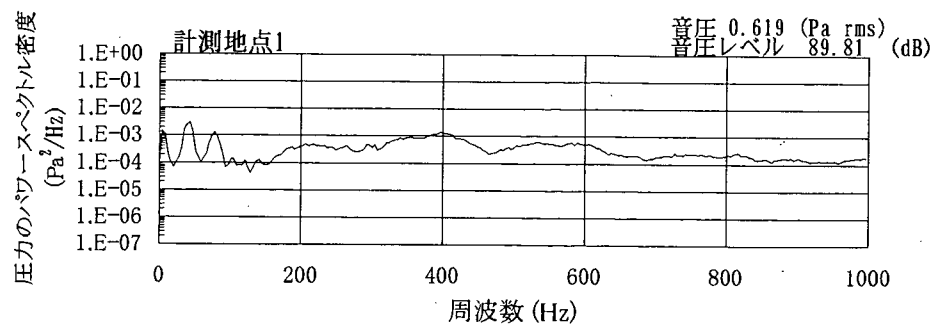


貯水池水位=326.55m

流量 Q=99.53

m³/s

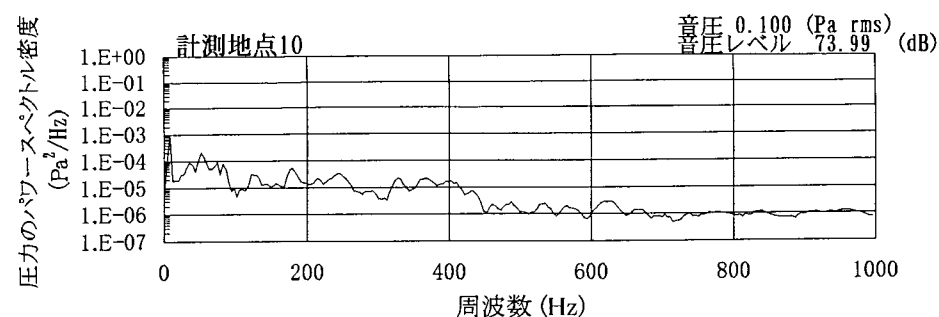
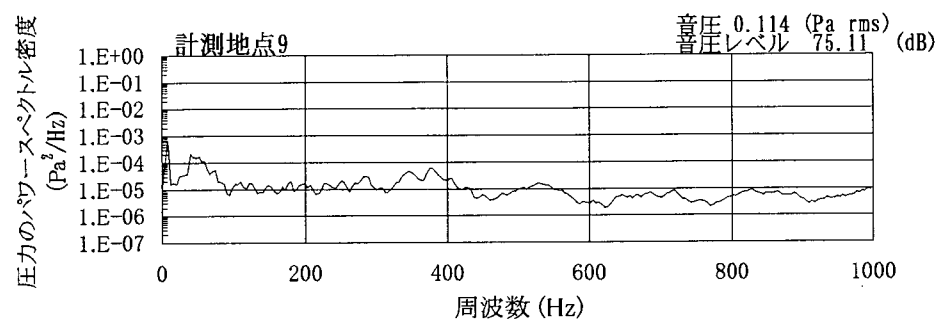
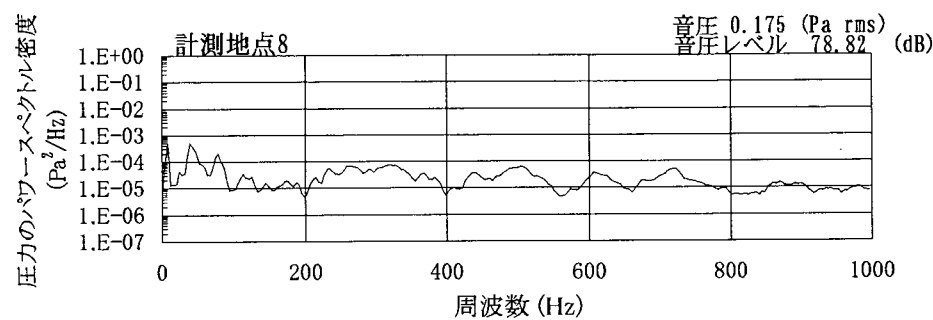
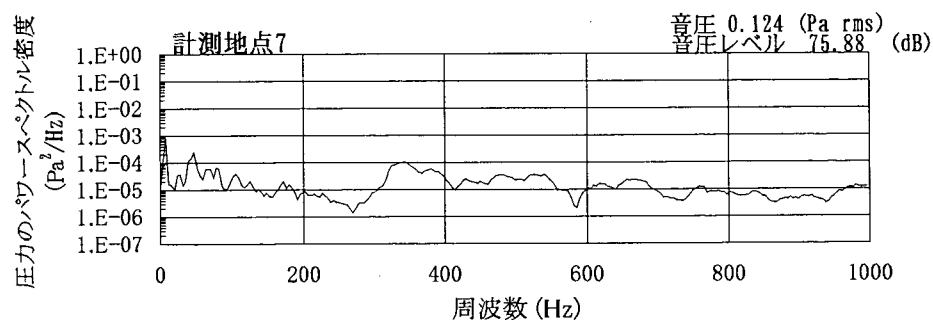
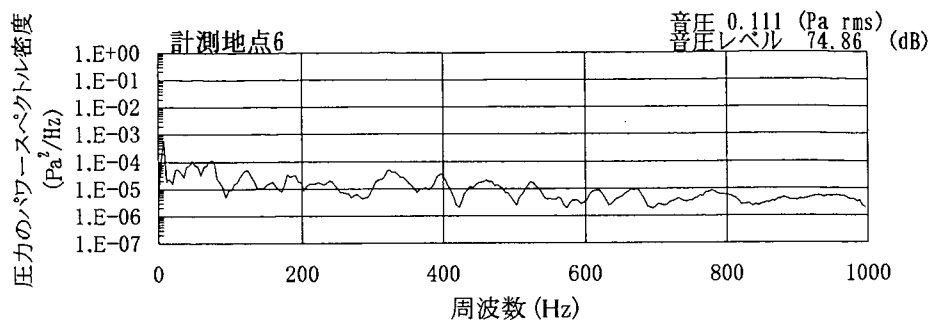
付図-1.1(6) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=100m³/s)〔測点26～30〕



貯水池水位=326.73m

流量 $Q=84.22 \text{ m}^3/\text{s}$

付図-1.2(1) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点1~5〕

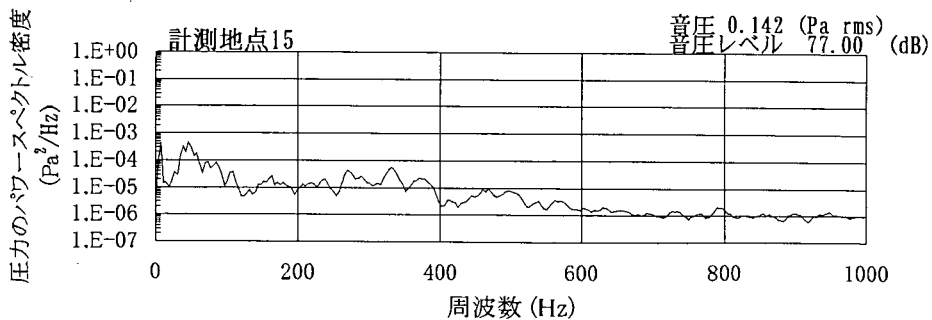
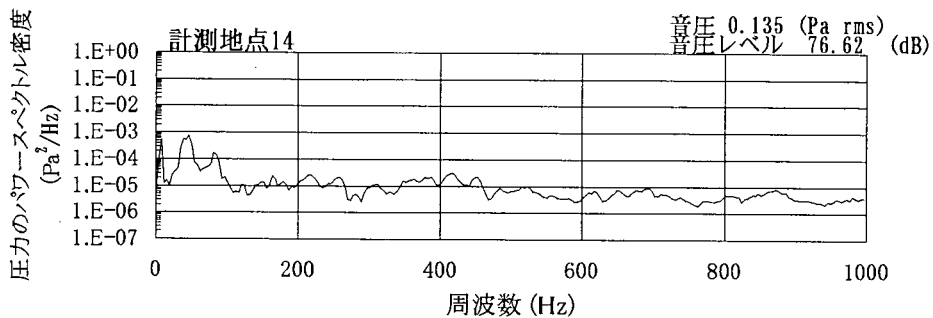
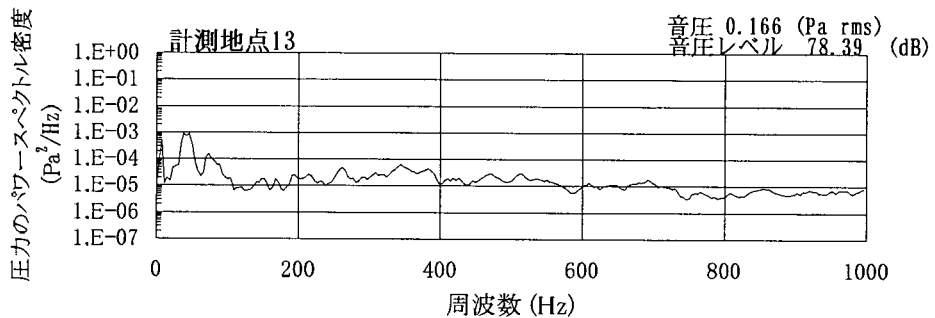
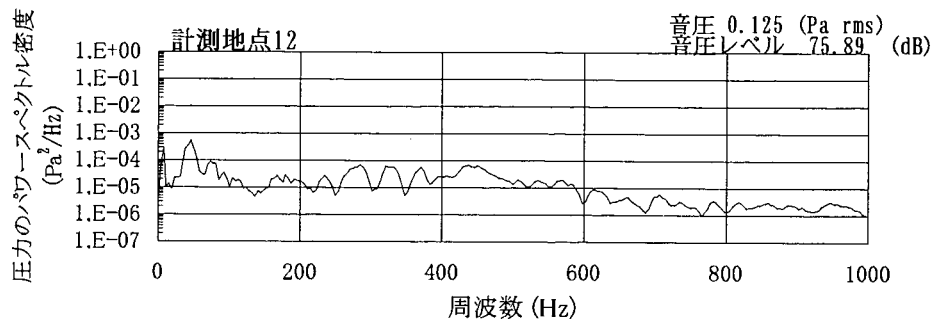
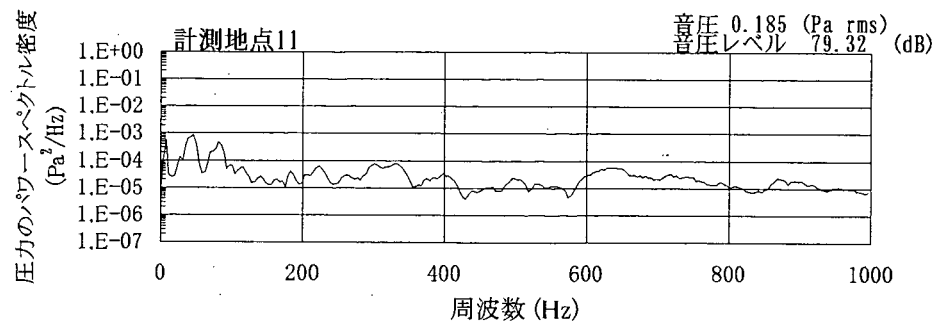


貯水池水位=326.73m

流量 Q=84.22

m³/s

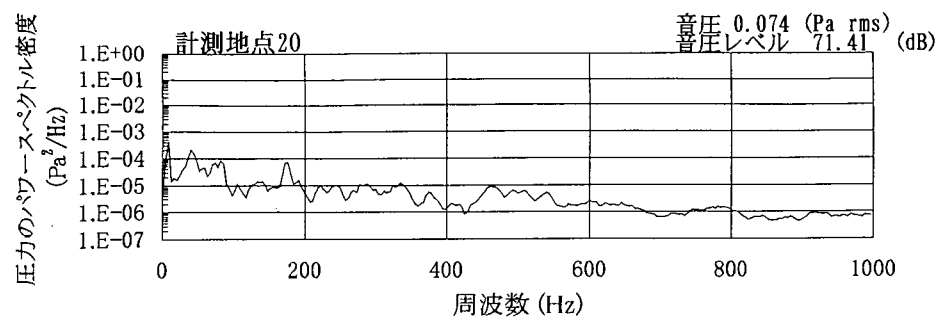
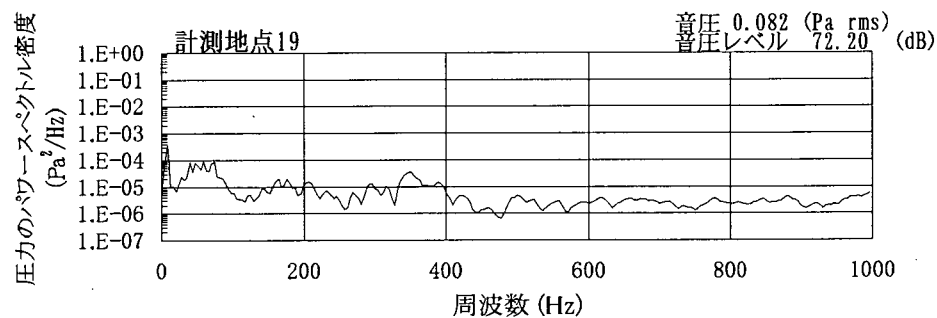
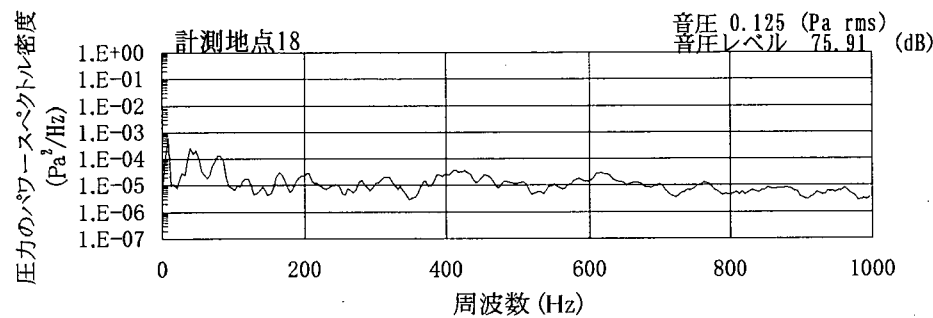
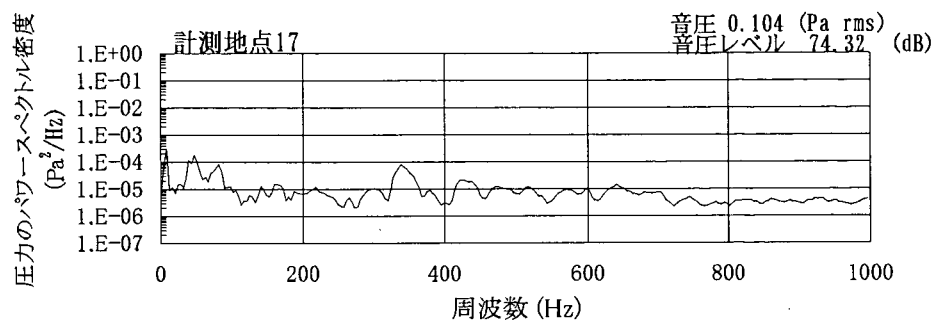
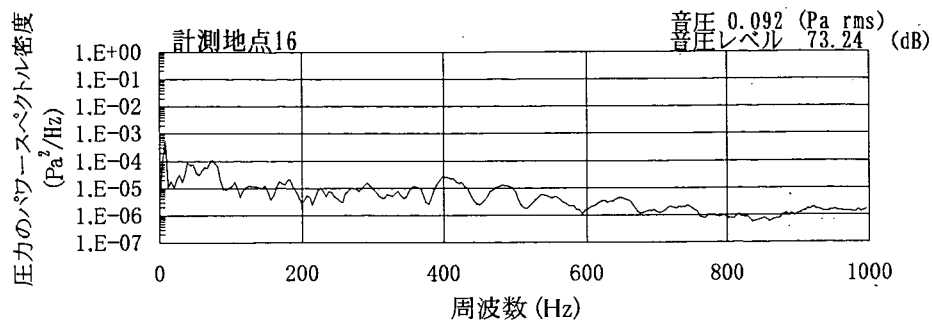
付図-1.2(2) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=80m³/s)[測点6~10]



貯水池水位=326.73m

流量 $Q=84.22 \text{ m}^3/\text{s}$

付図-1.2(3) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点11～15〕

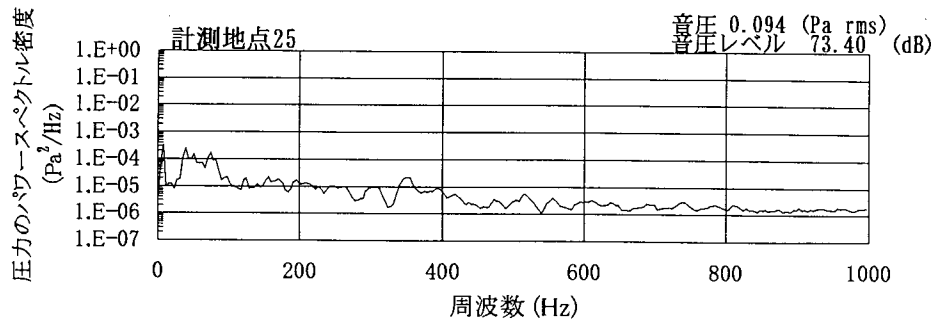
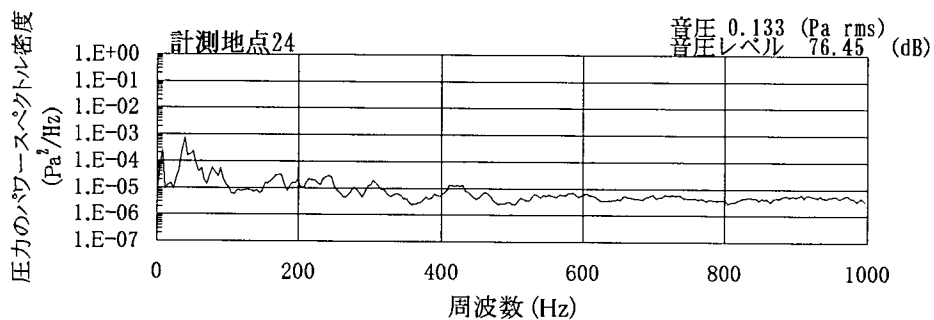
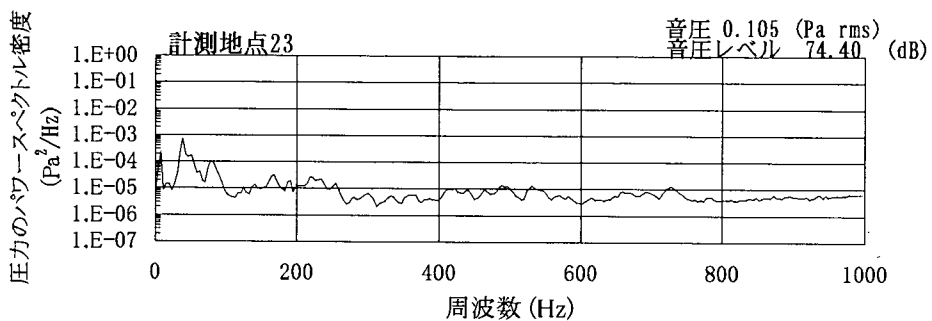
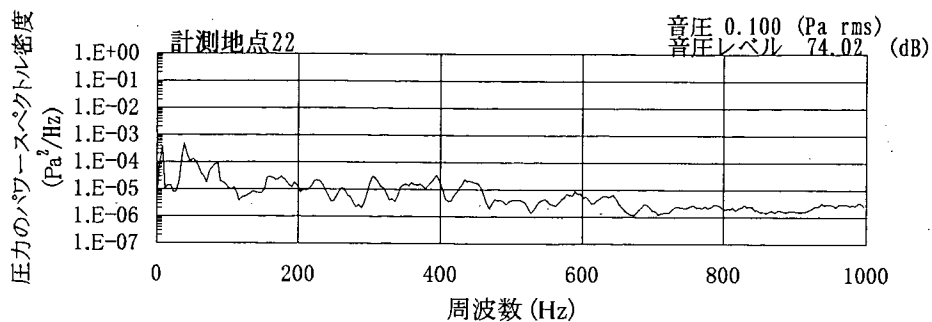
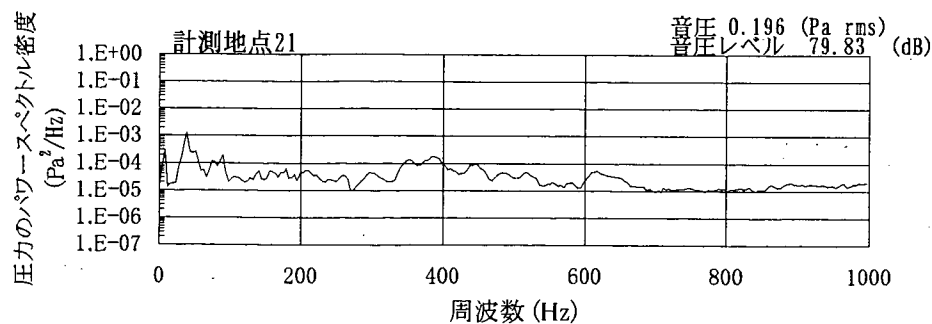


貯水池水位=326.73m

流量 Q=84.22

m³/s

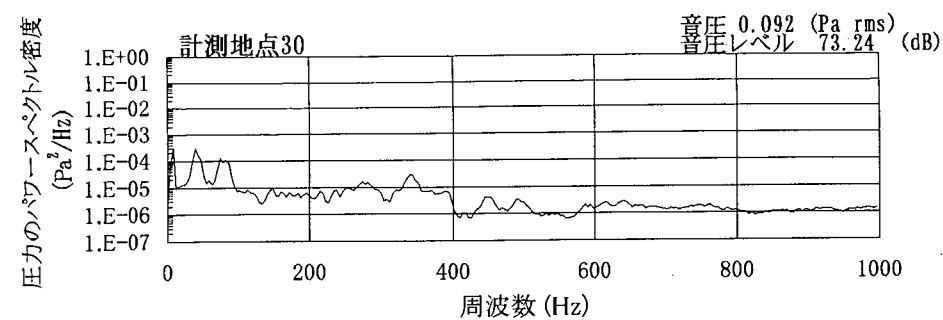
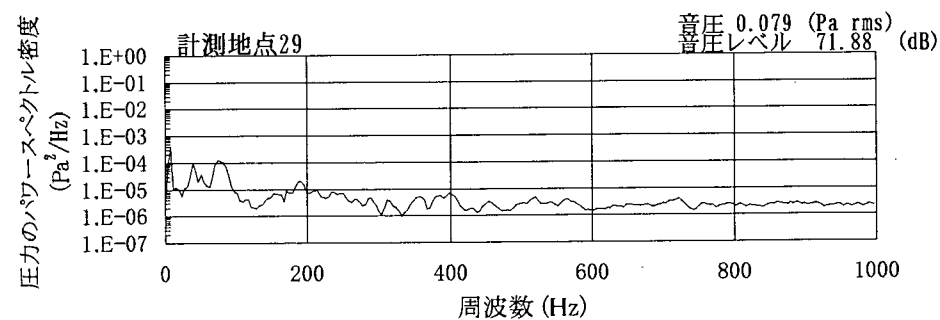
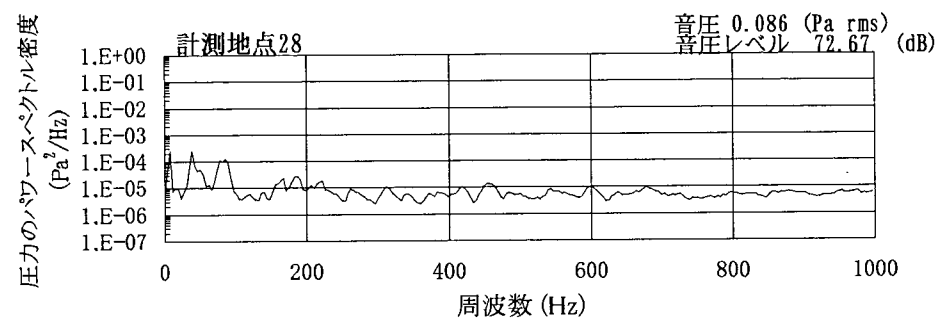
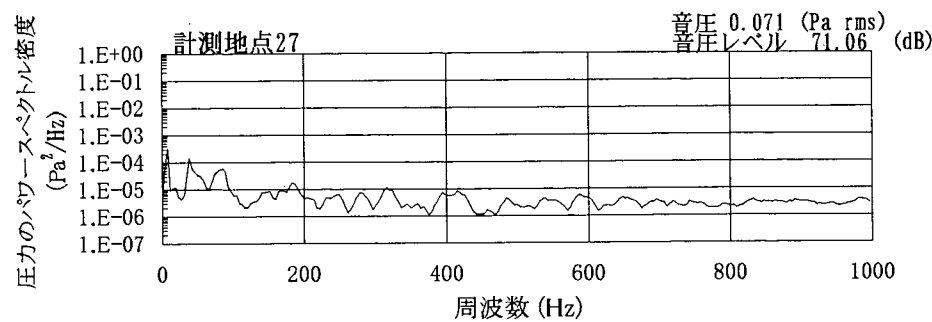
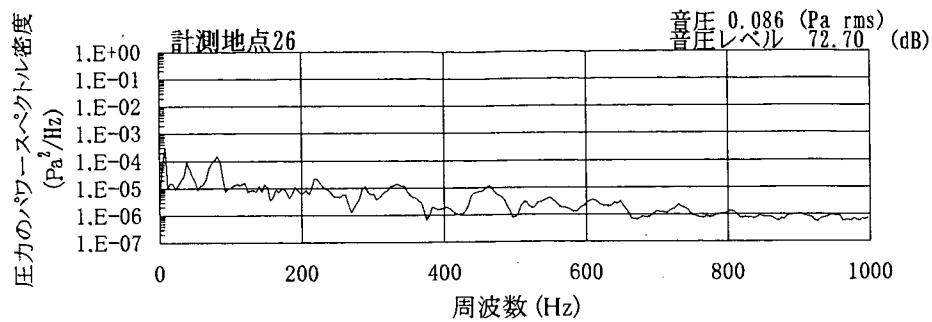
付図-1.2(4) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=80m³/s)[測点16~20]



貯水池水位=326.73m

流量 Q=84.22 m³/s

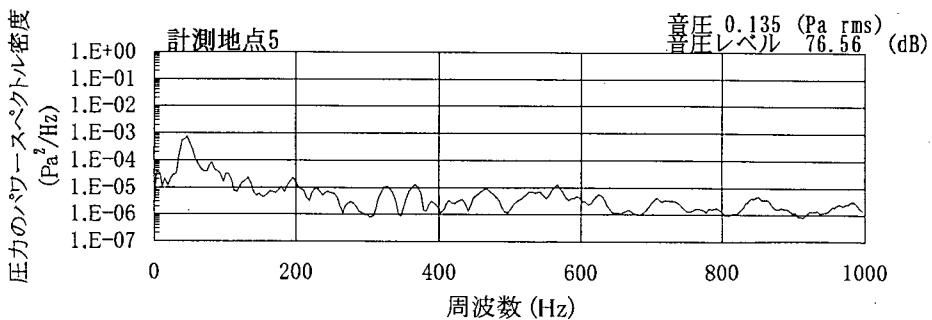
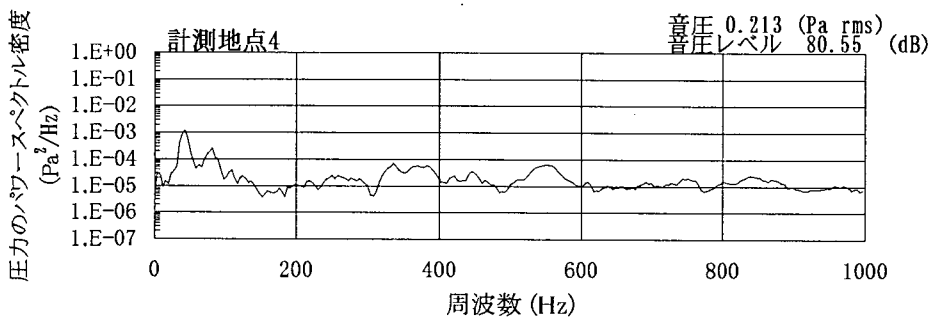
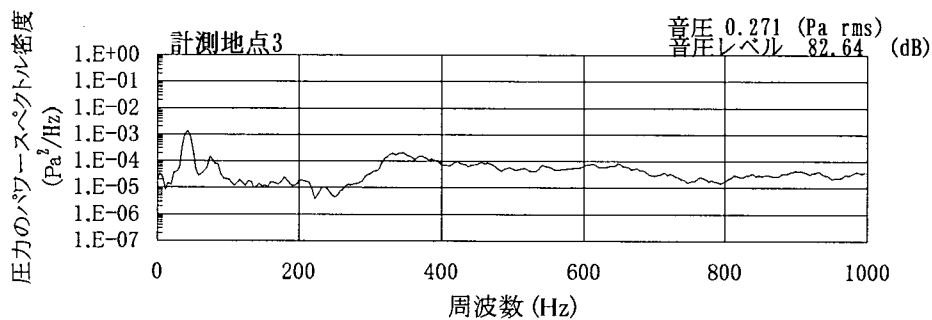
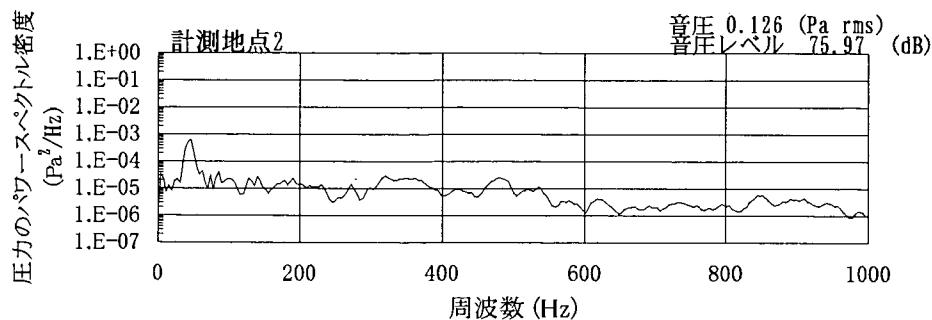
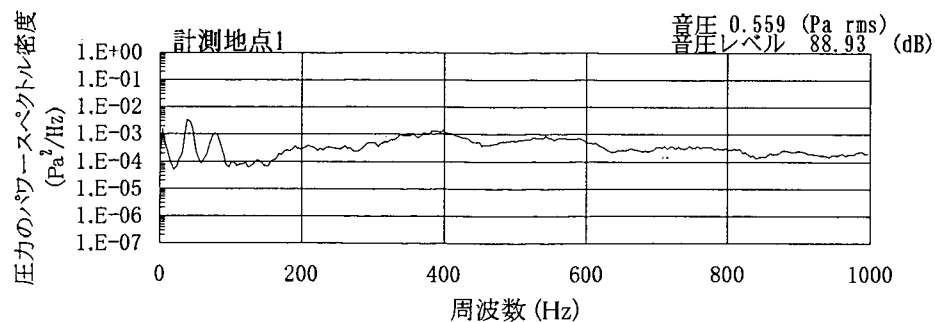
付図-1.2(5) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=80m³/s)[測点21~25]



貯水池水位=326.73m

流量 Q=84.22 m³/s

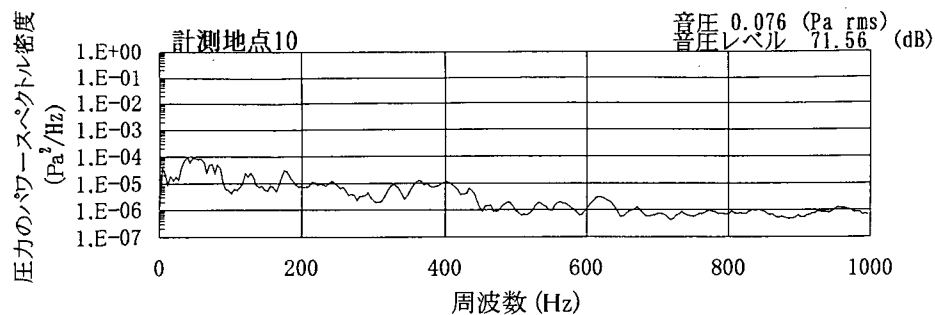
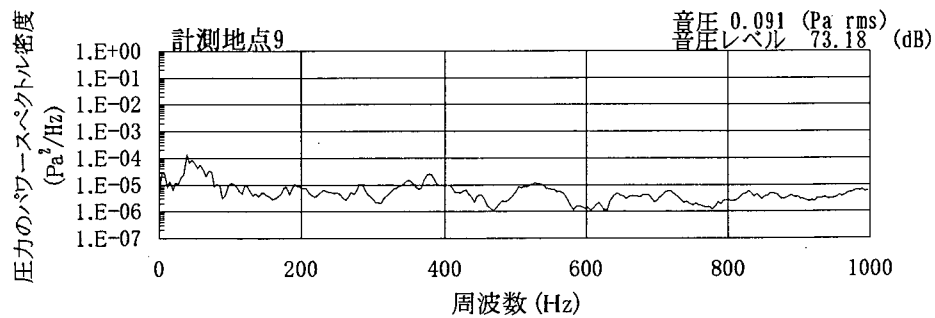
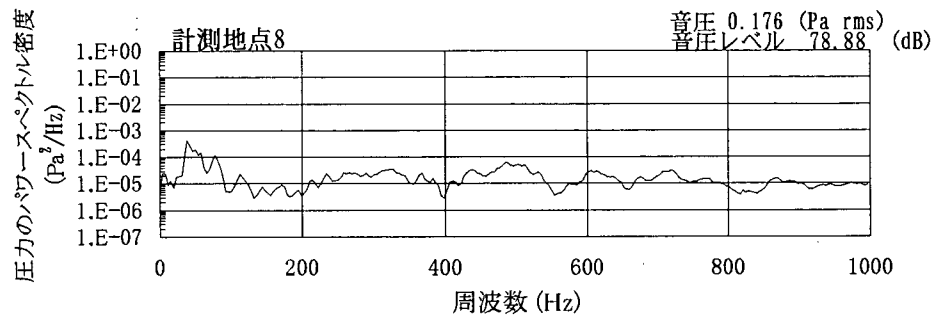
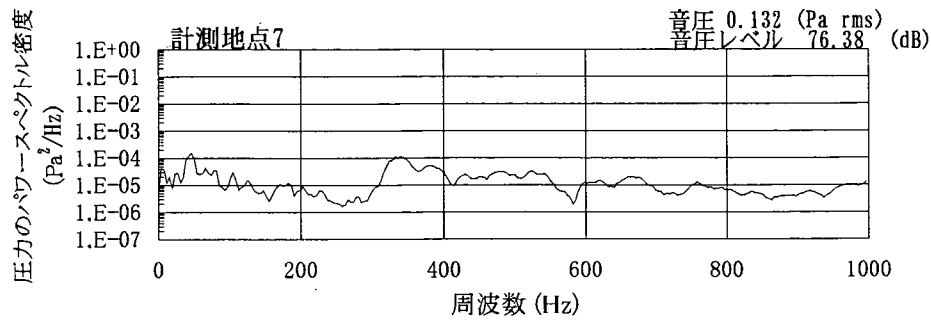
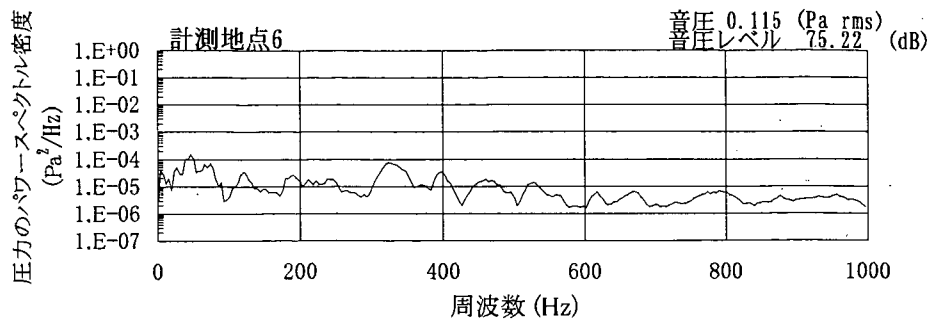
付図-1.2(6) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=80m³/s)〔測点26～30〕



貯水池水位=327.36m

流量 Q=62.34 m³/s

付図-1.3(1) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=60m³/s)〔測点1~5〕

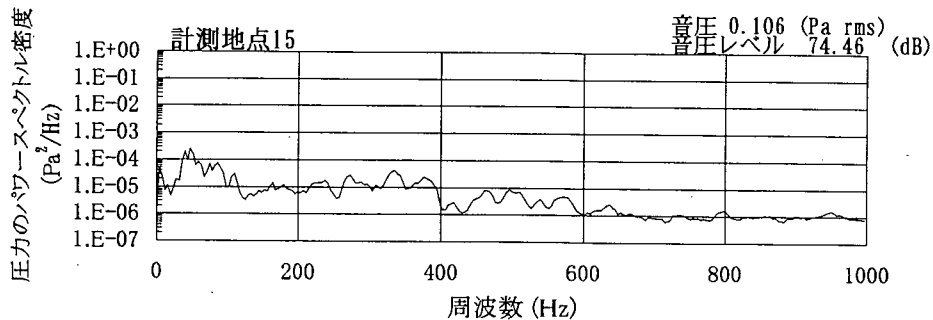
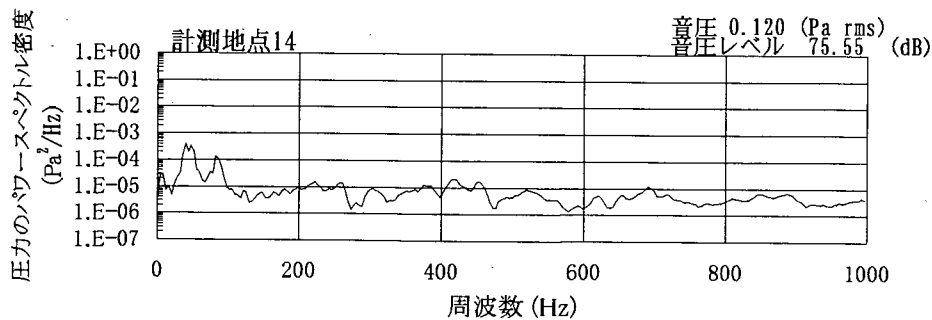
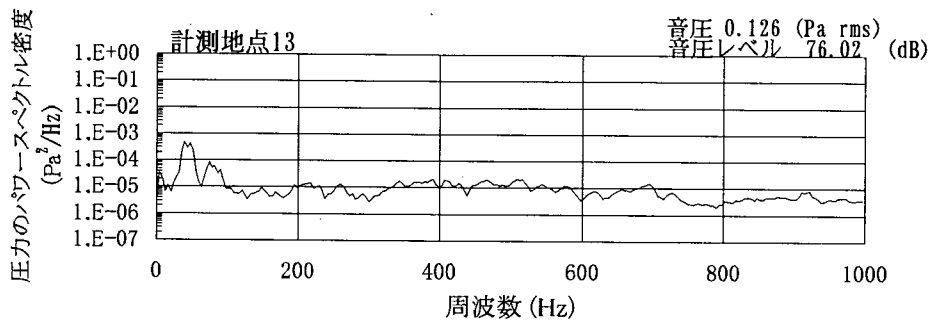
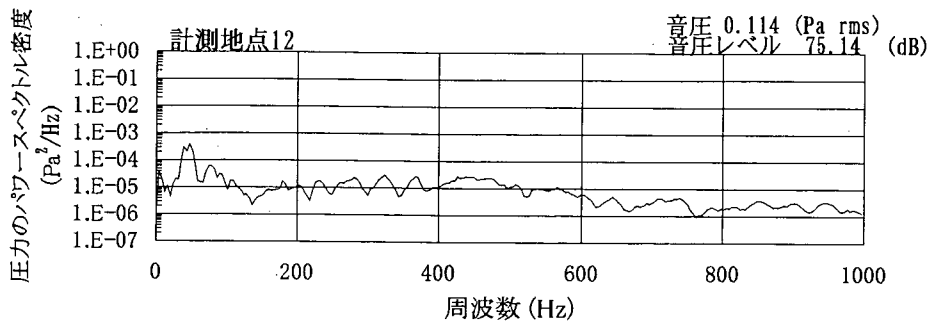
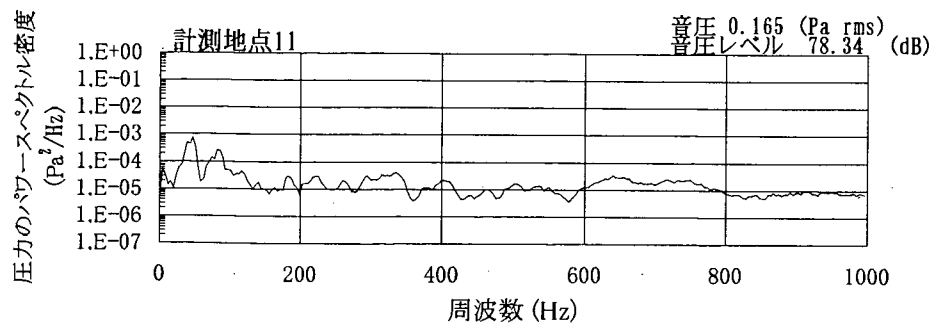


貯水池水位=327.36m

流量 Q=62.34

m³/s

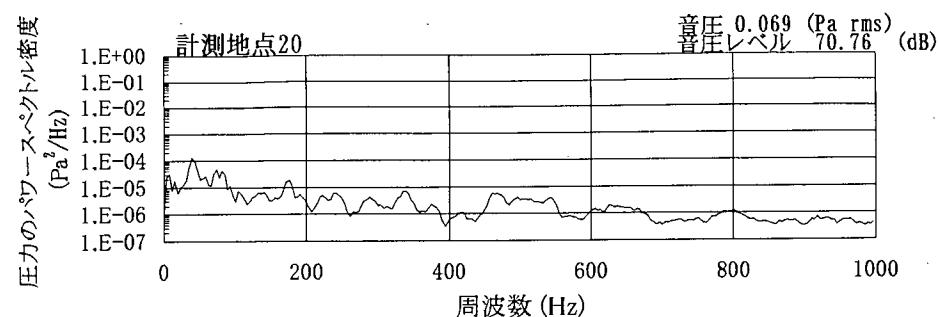
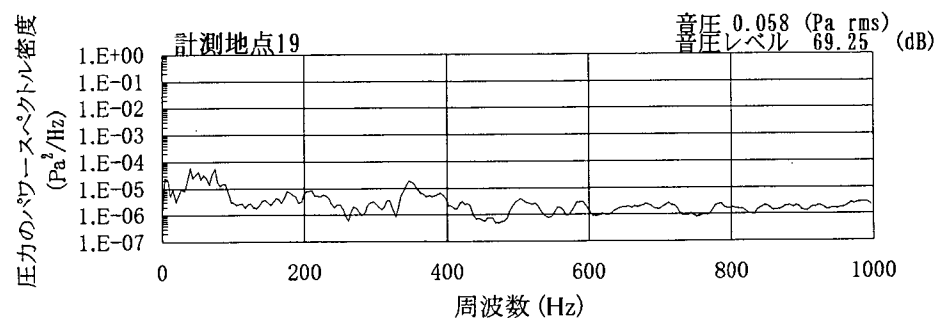
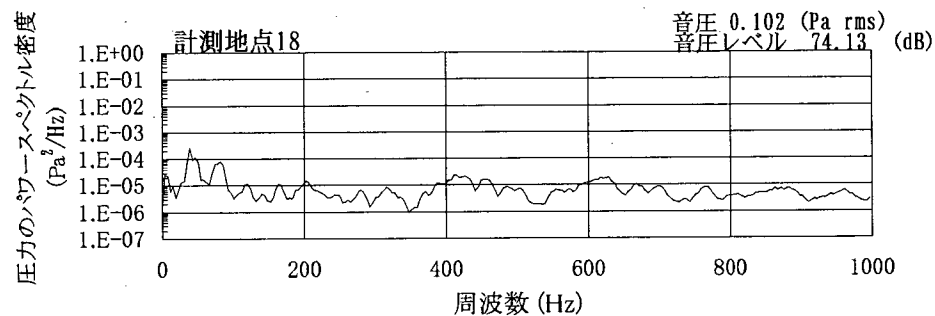
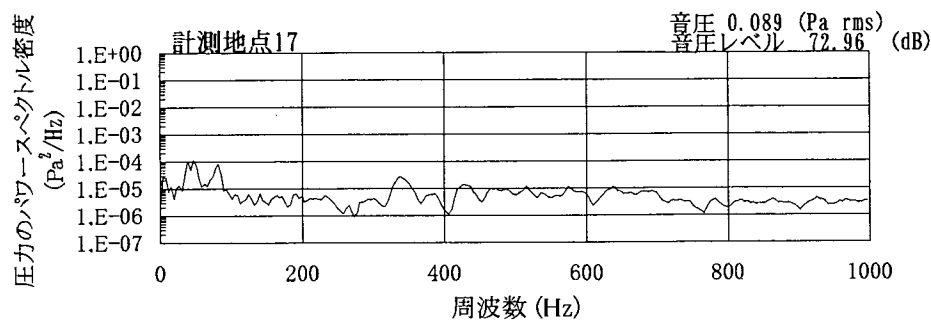
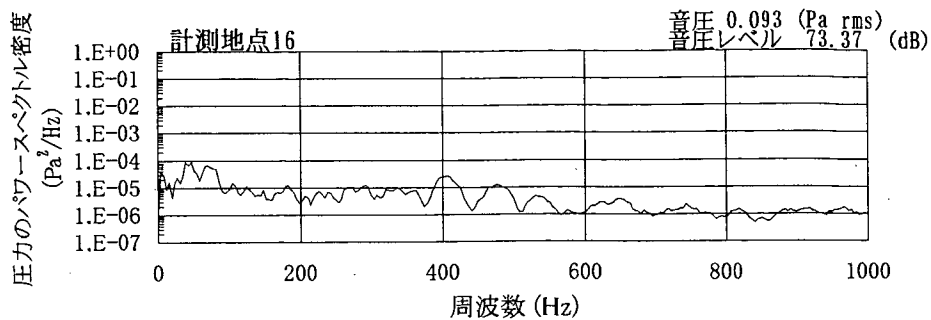
付図-1.3(2) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=60m³/s)[測点6~10]



貯水池水位=327.36m

流量 $Q=62.34 \text{ m}^3/\text{s}$

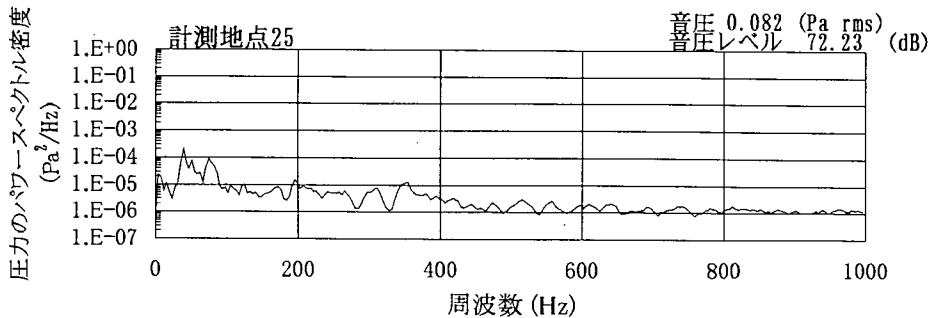
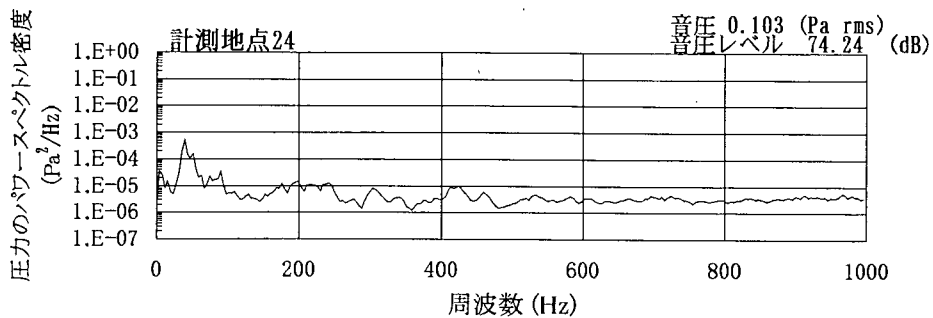
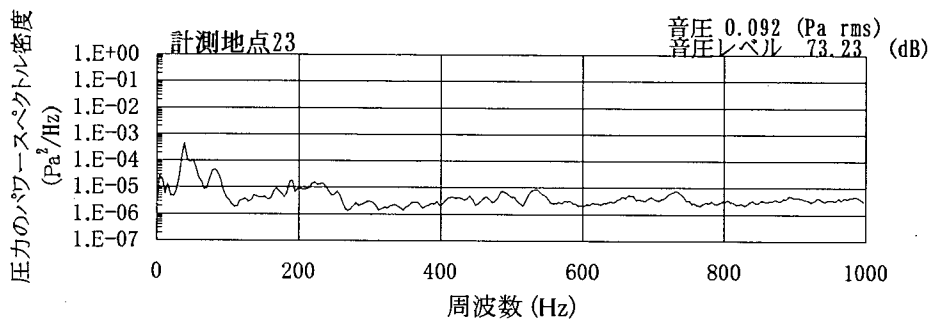
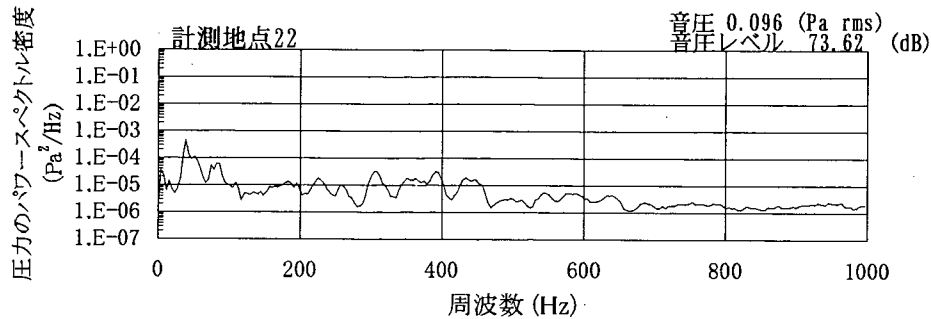
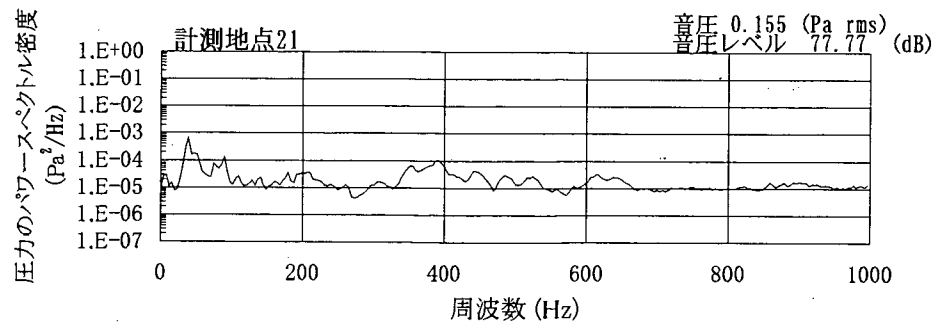
付図-1.3(3) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=60\text{m}^3/\text{s}$)[測点11~15]



貯水池水位=327.36m

流量 Q=62.34 m³/s

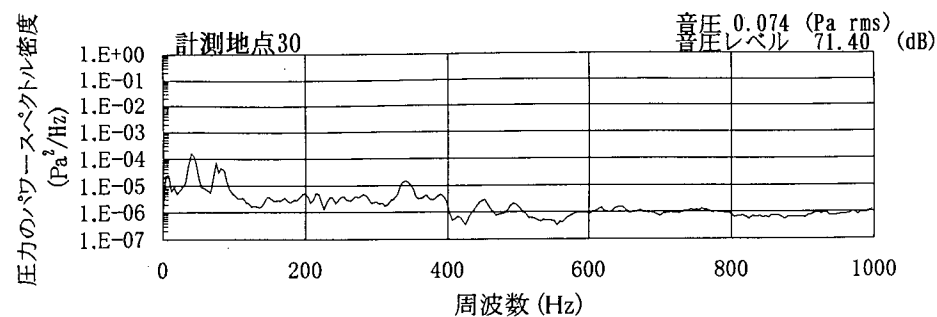
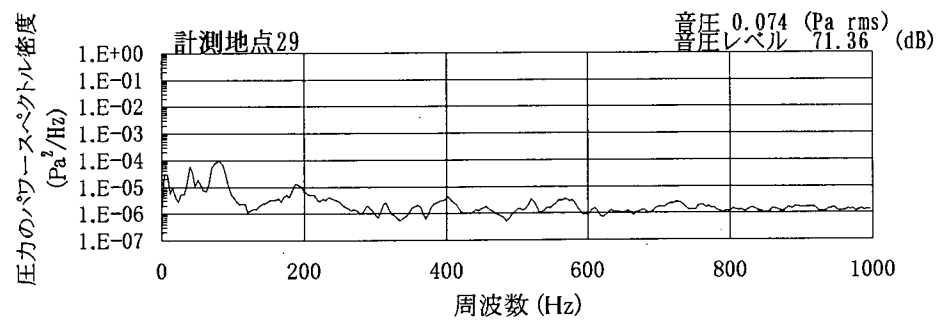
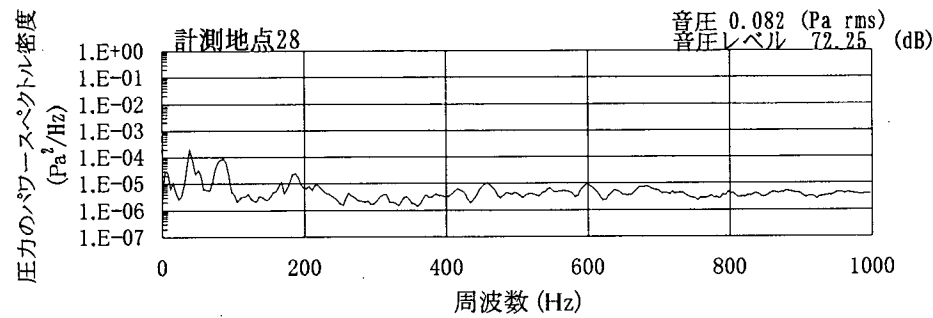
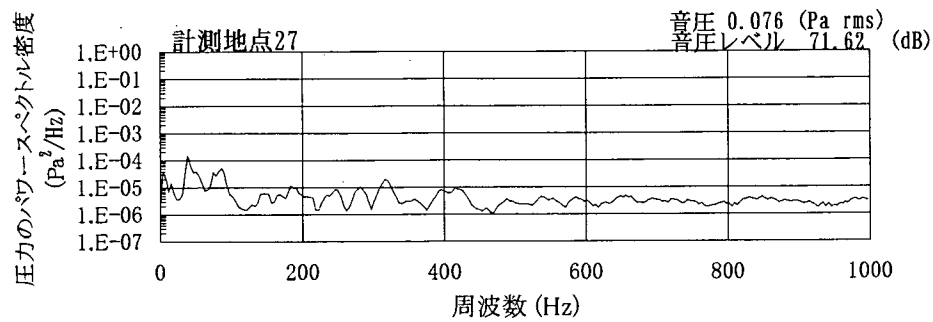
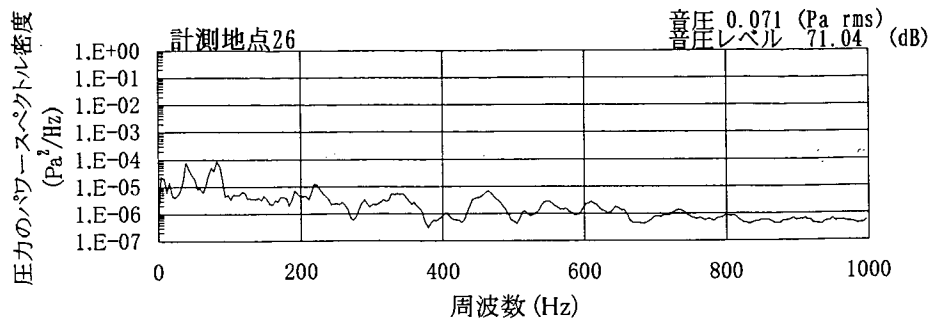
付図-1.3(4) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=60m³/s)〔測点16~20〕



貯水池水位=327.36m

流量 Q=62.34 m³/s

付図-1.3(5) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=60m³/s)[測点21~25]

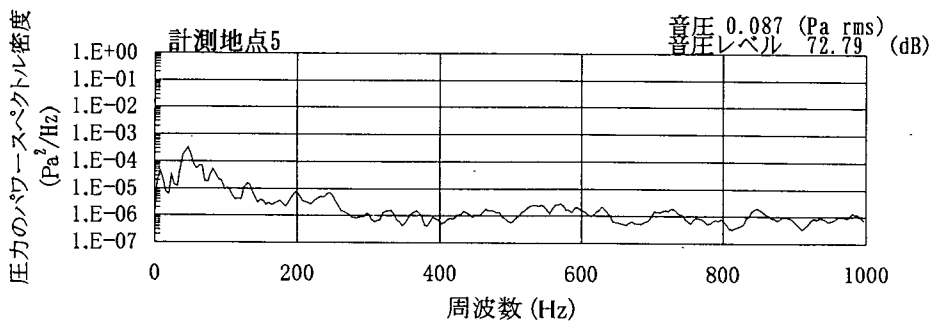
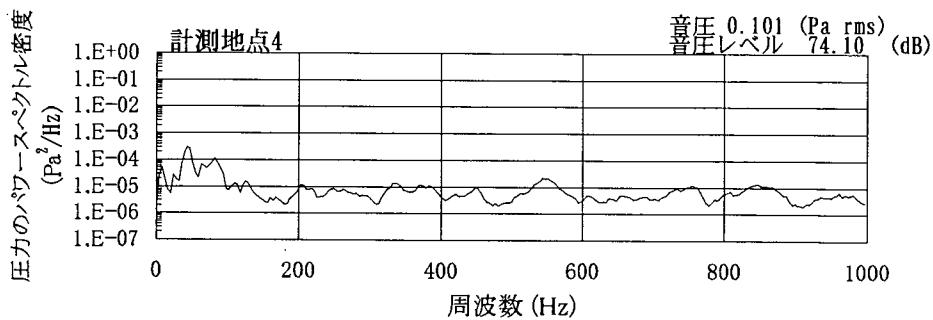
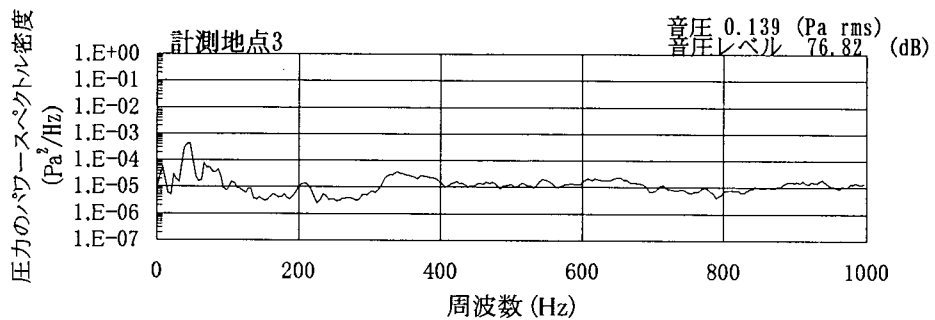
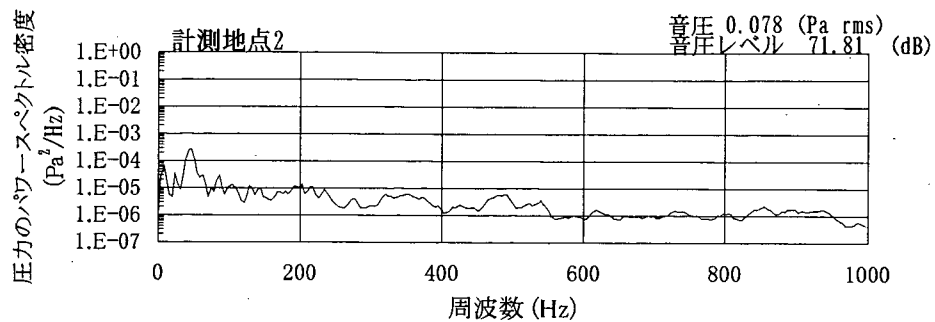
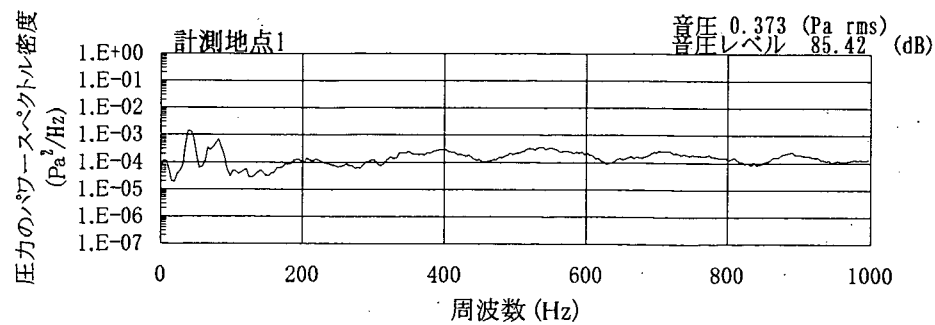


貯水池水位=327.36m

流量 Q=62.34

m³/s

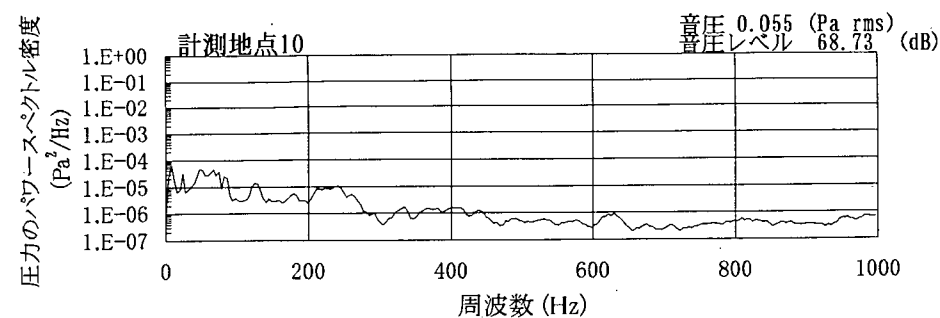
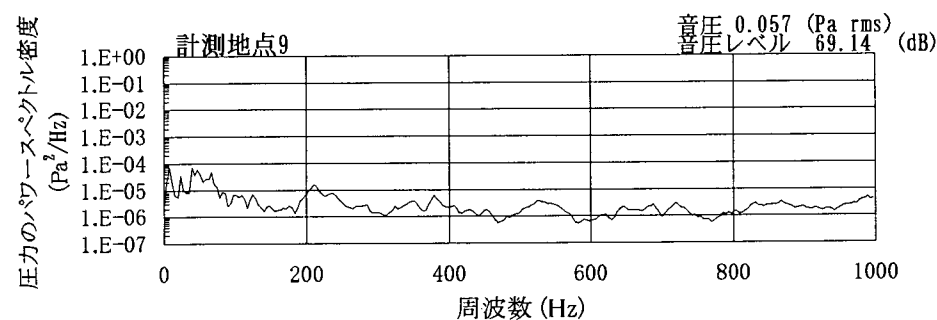
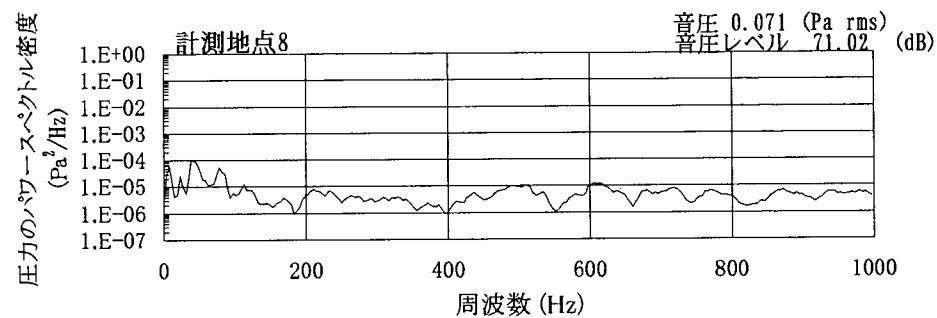
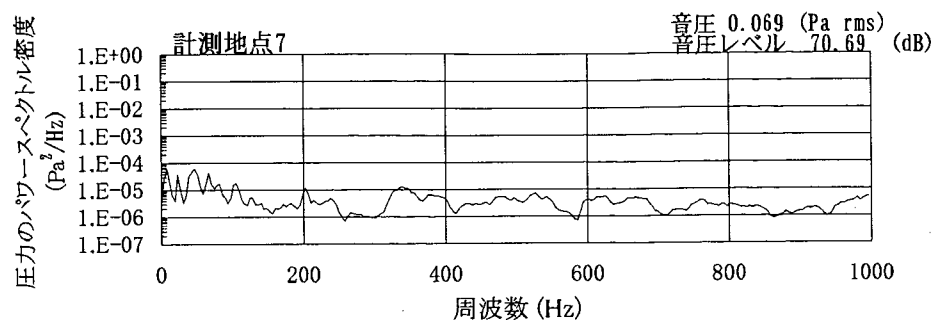
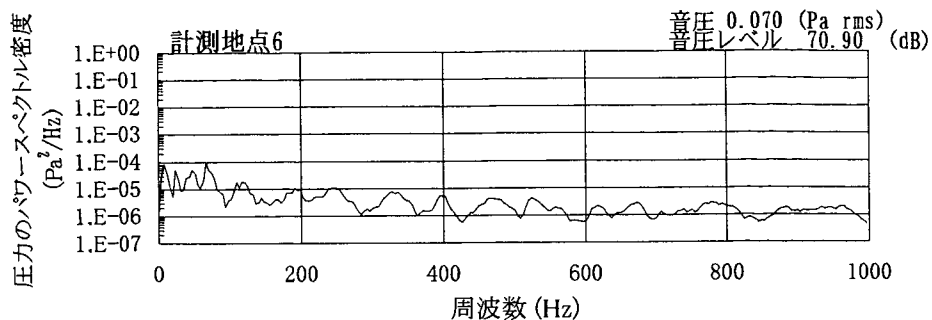
付図-1.3(6) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=60m³/s)〔測点26~30〕



貯水池水位=325.50m

流量 Q=40.47 m³/s

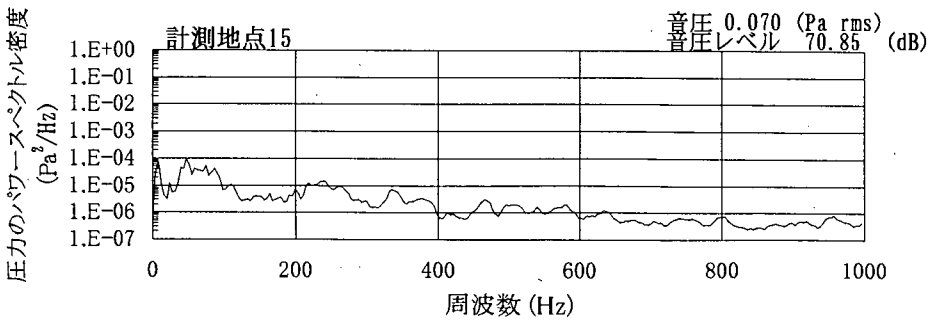
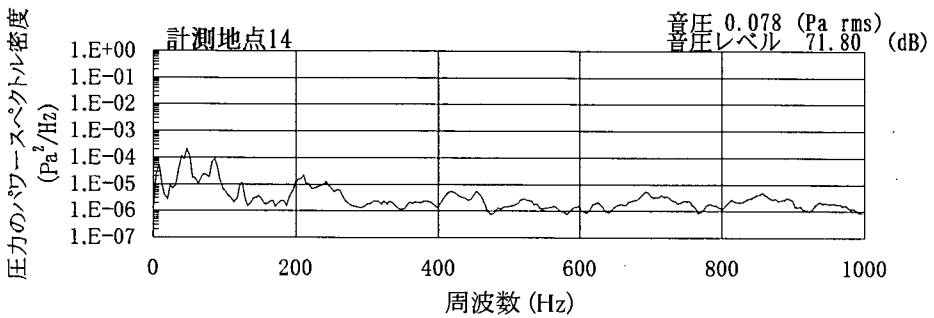
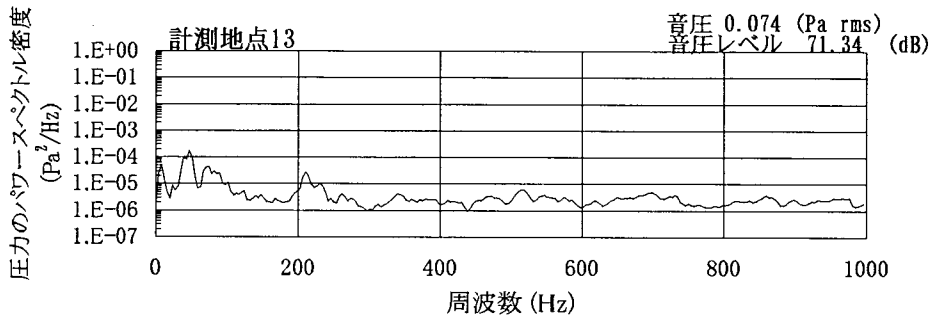
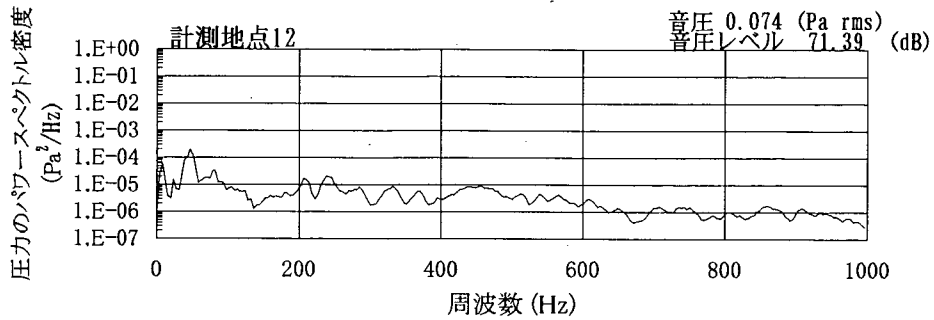
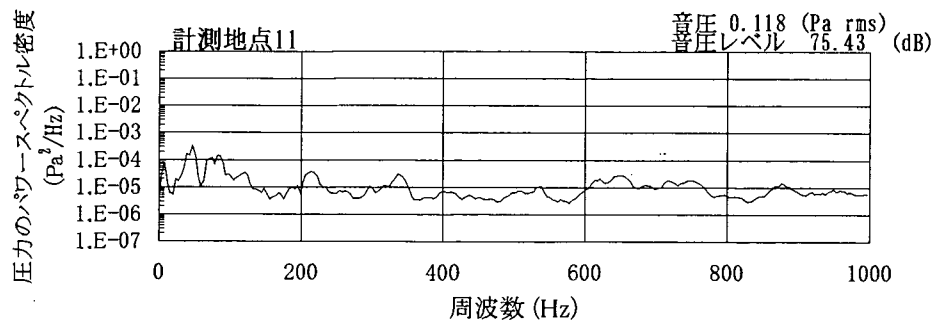
付図-1.4(1) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=40m³/s)[測点1~5]



貯水池水位=325.50m

流量 $Q=40.47 \text{ m}^3/\text{s}$

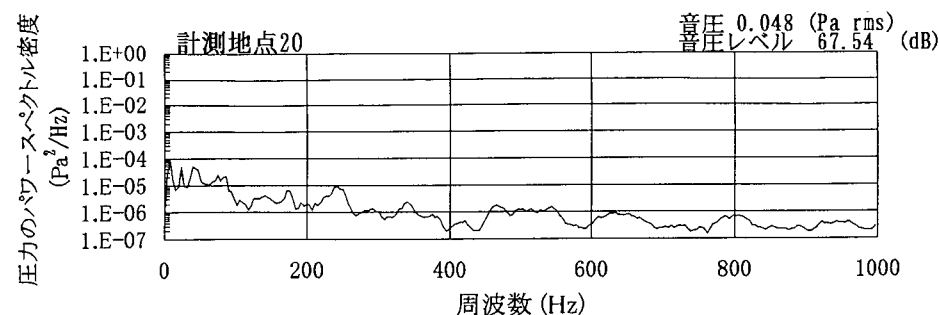
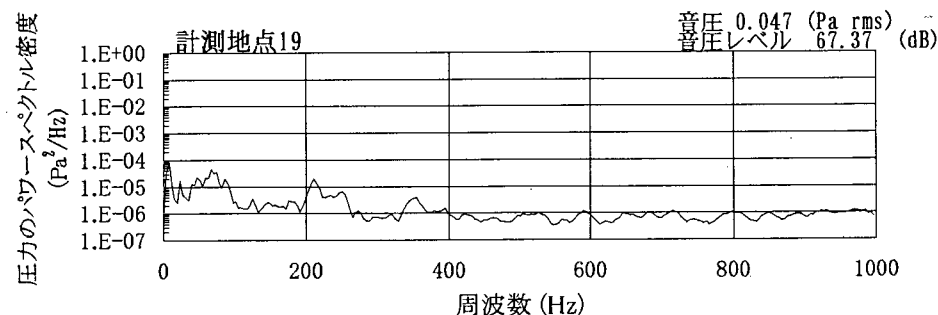
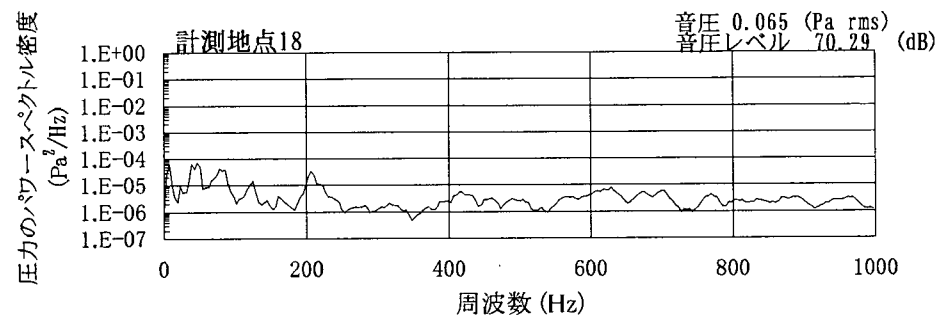
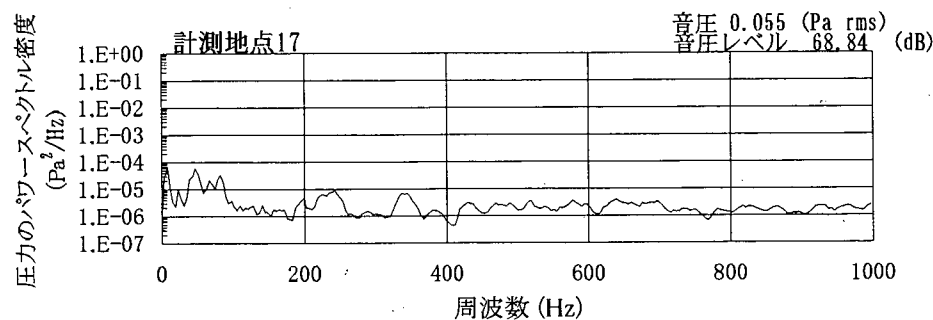
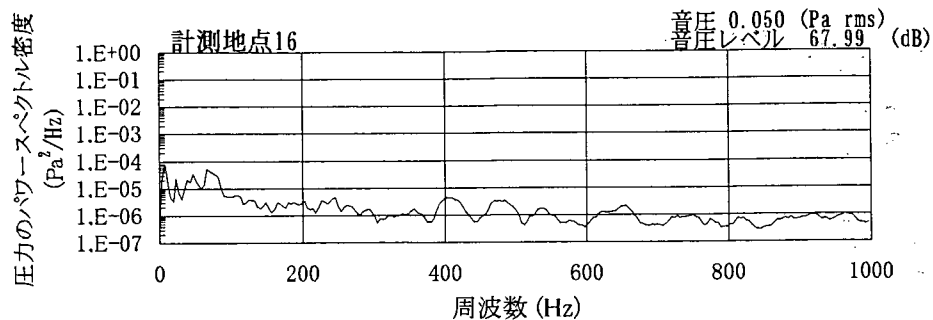
付図-1.4(2) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点6~10〕



貯水池水位=325.50m

流量 $Q=40.47 \text{ m}^3/\text{s}$

付図-1.4(3) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点11~15〕

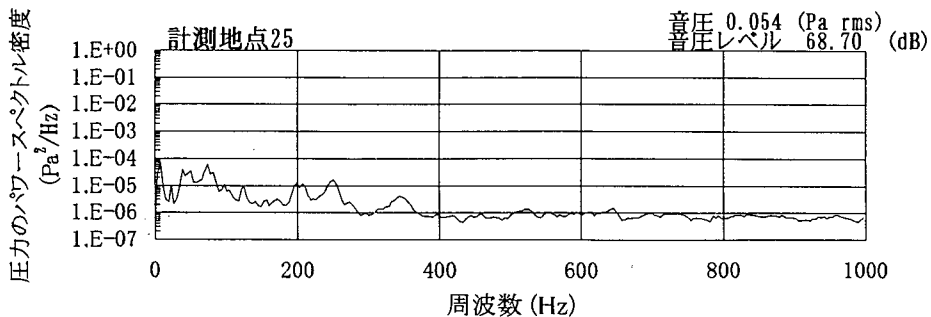
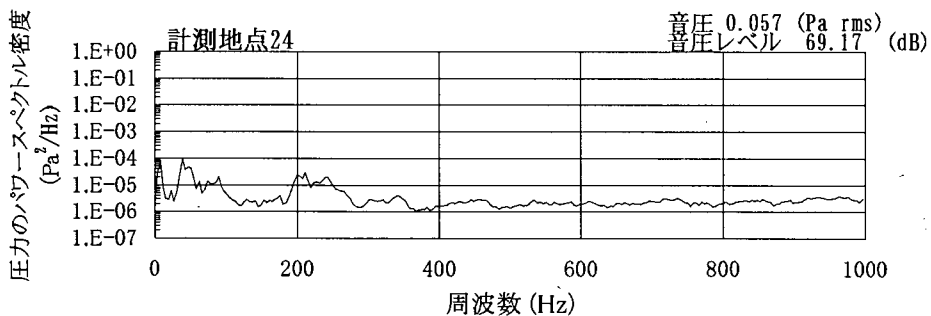
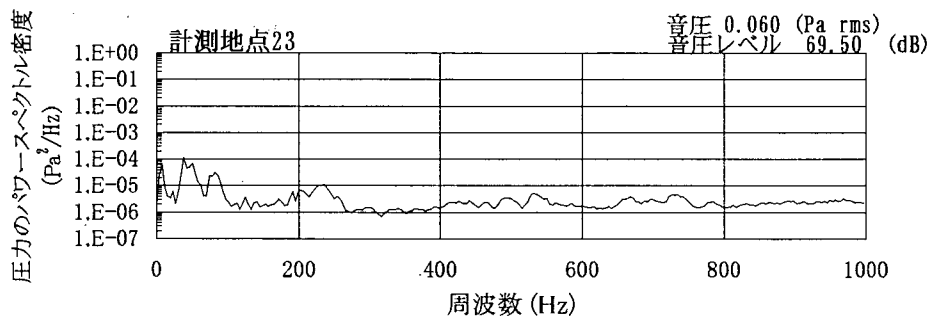
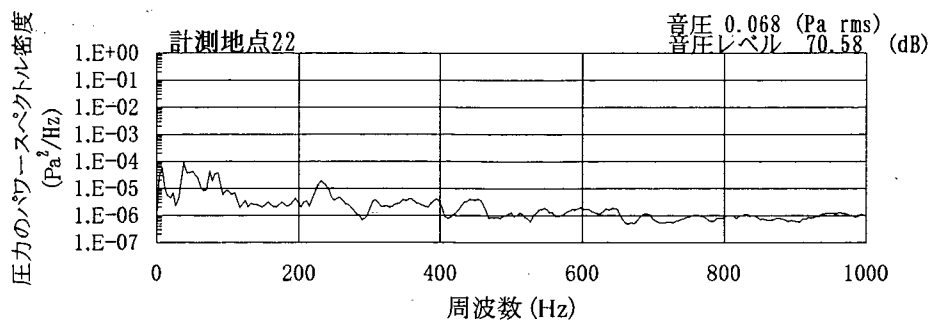
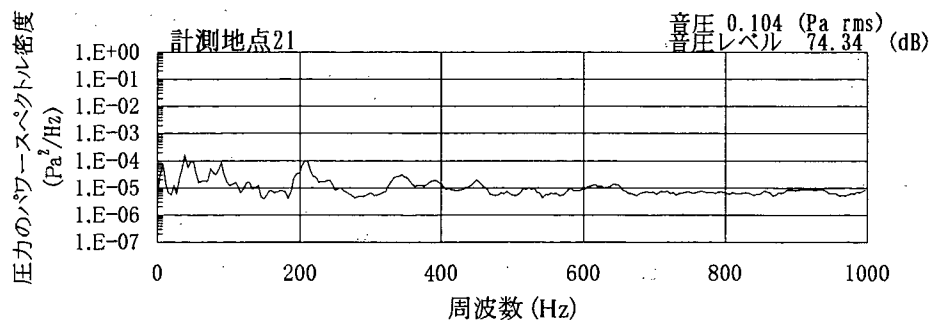


貯水池水位=325.50m

流量 $Q=40.47$

m^3/s

付図-1.4(4) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点16~20〕

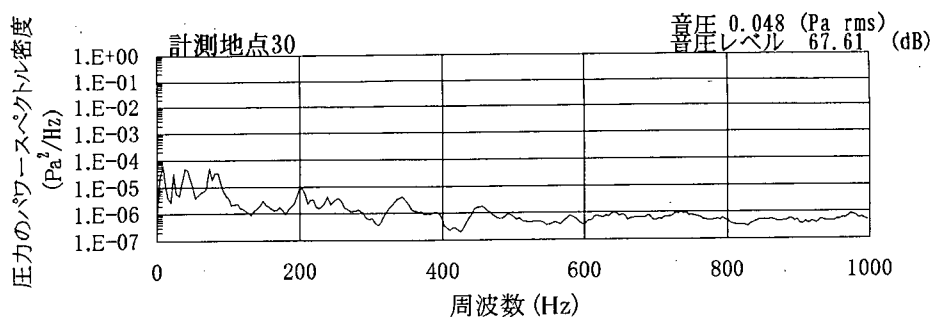
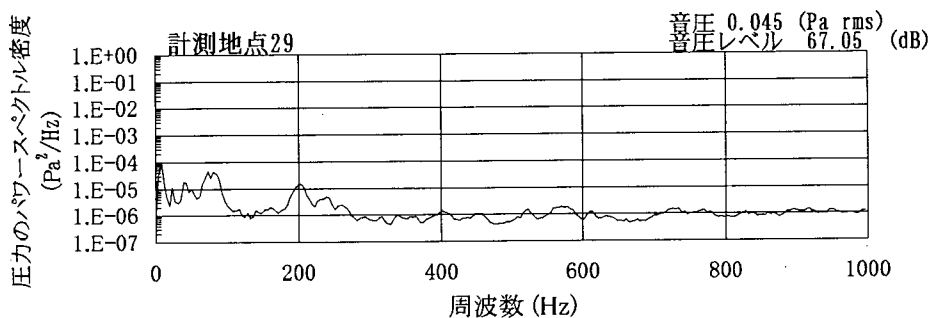
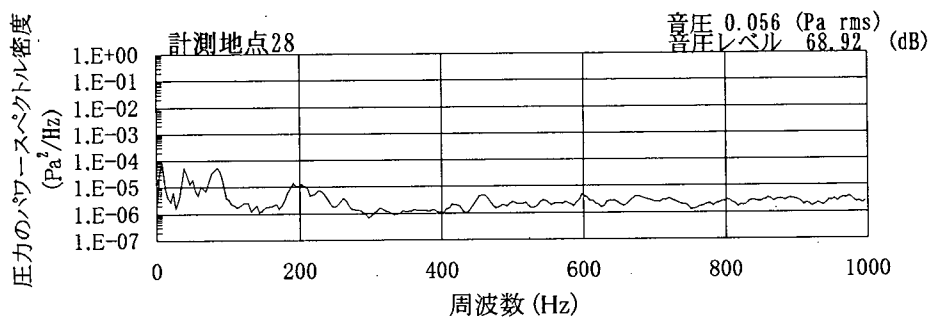
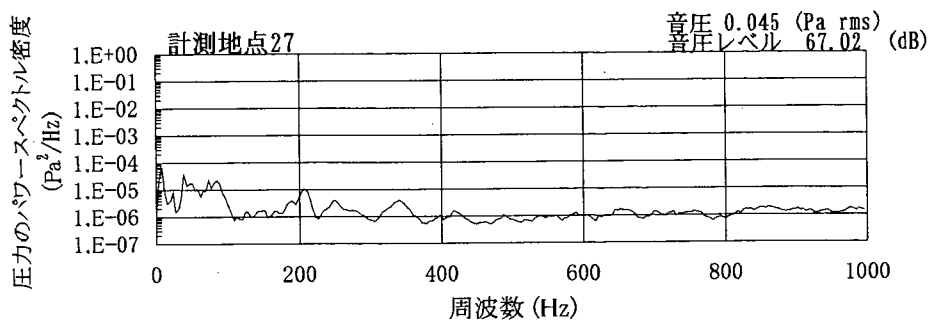
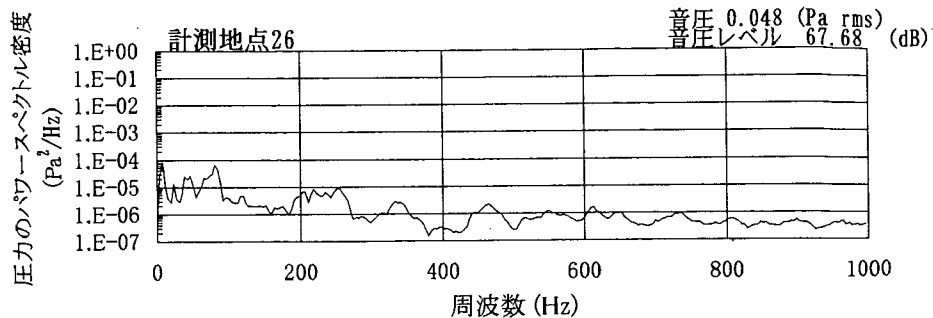


貯水池水位=325.50m

流量 Q=40.47

m³/s

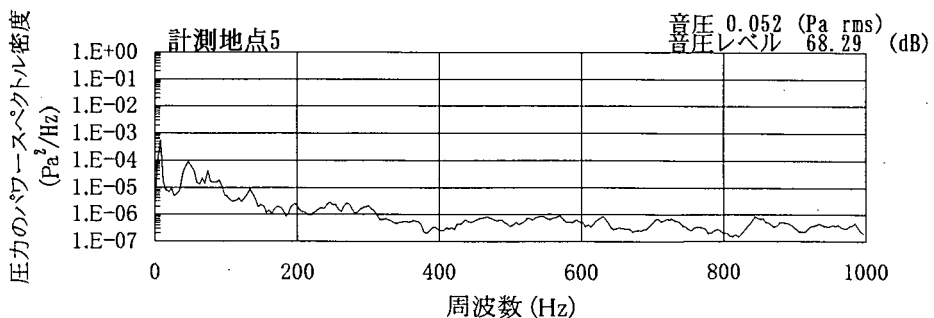
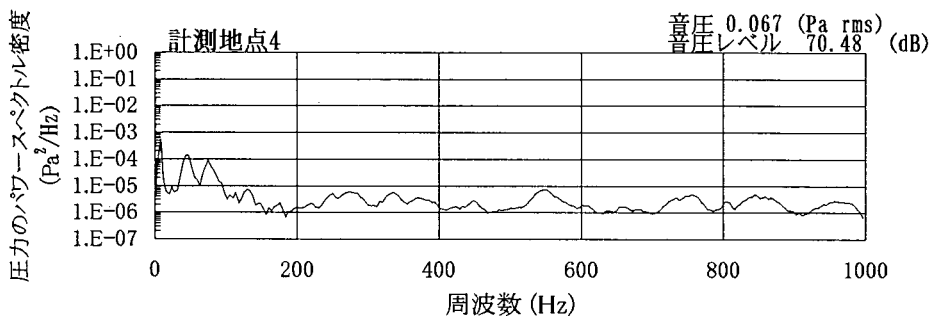
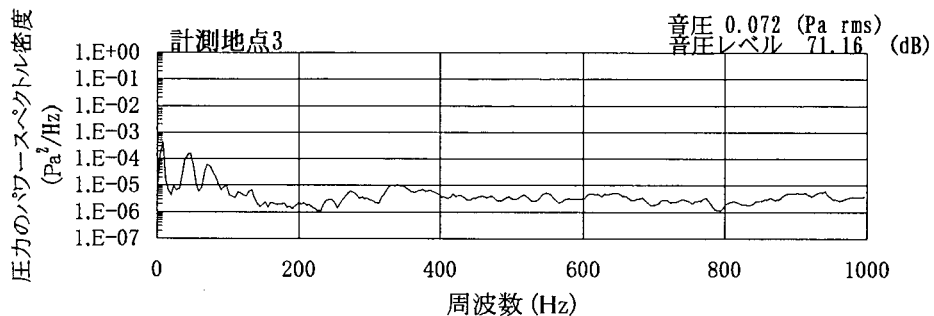
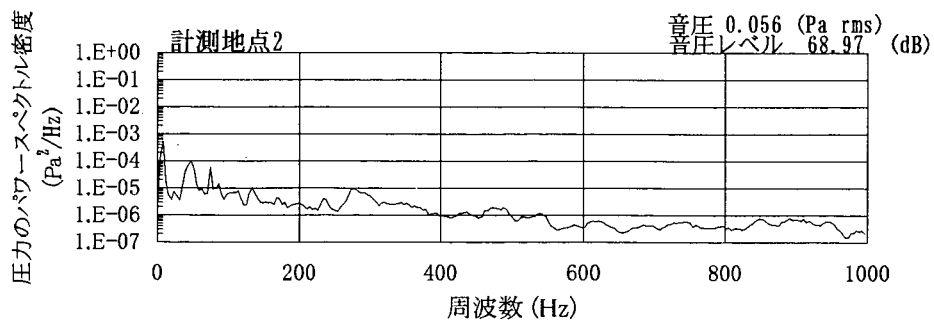
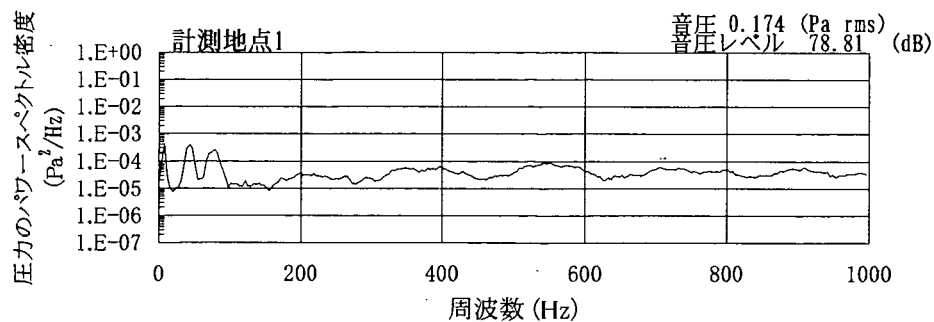
付図-1.4(5) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=40m³/s)[測点21~25]



貯水池水位=325.50m

流量 $Q=40.47 \text{ m}^3/\text{s}$

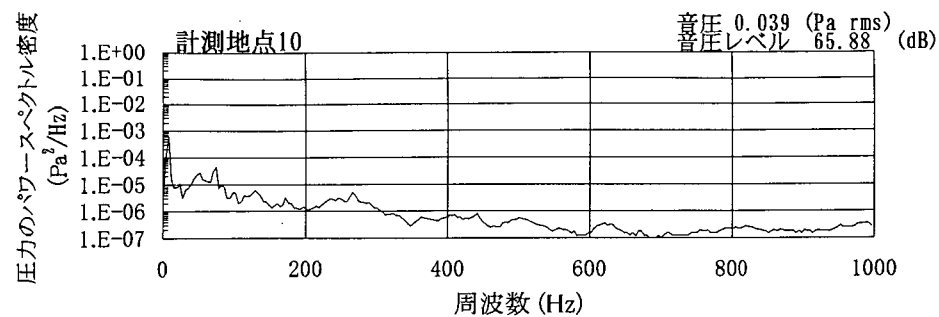
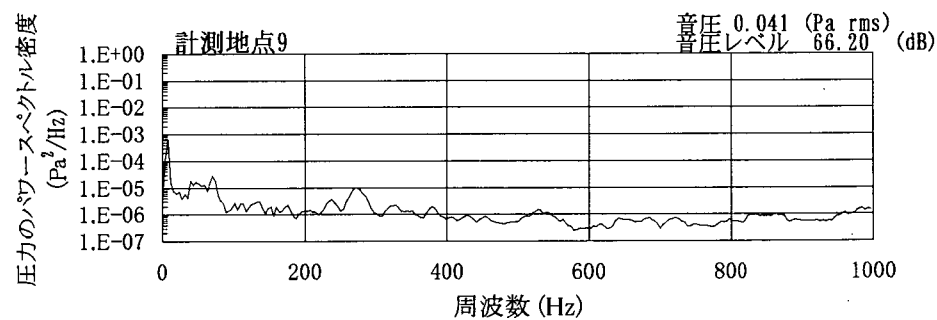
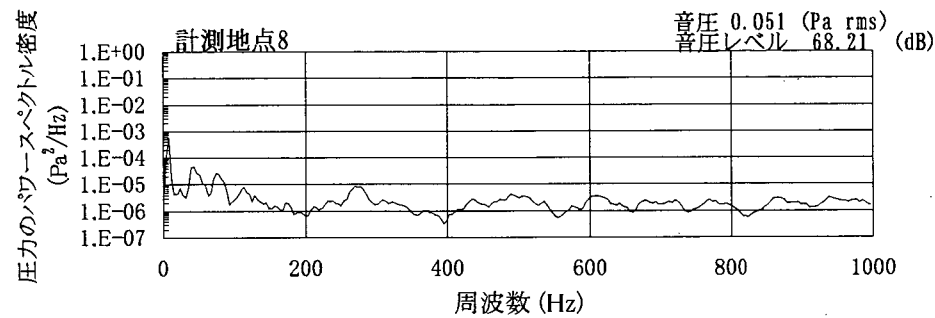
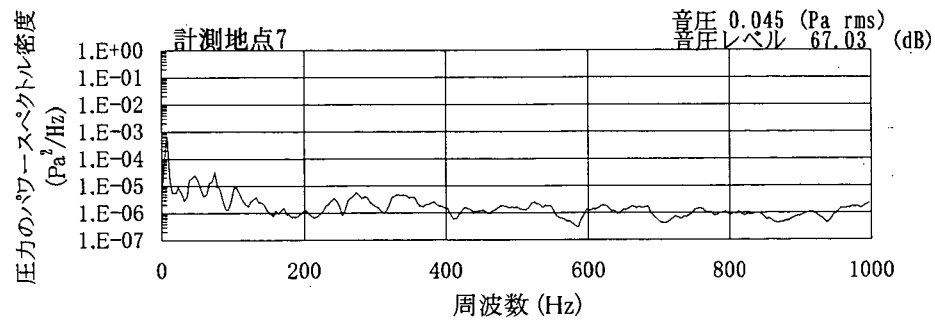
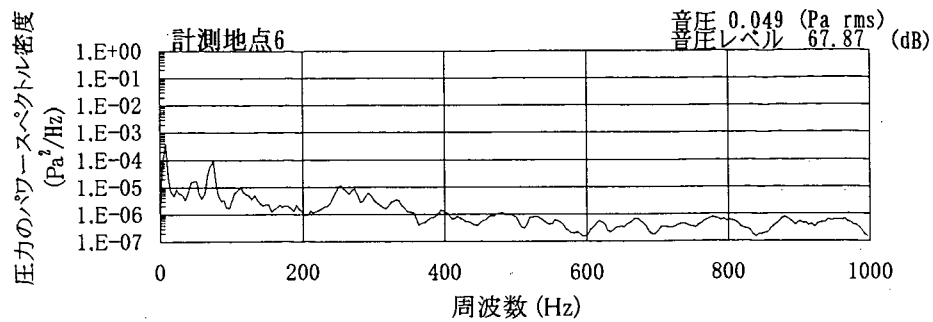
付図-1.4(6) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点26~30〕



貯水池水位=327.51m

流量 Q=21.25 m³/s

付図-1.5(1) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=20m³/s)[測点1~5]

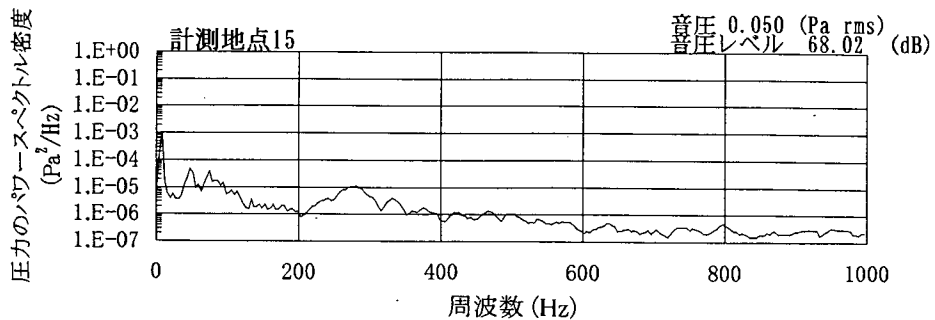
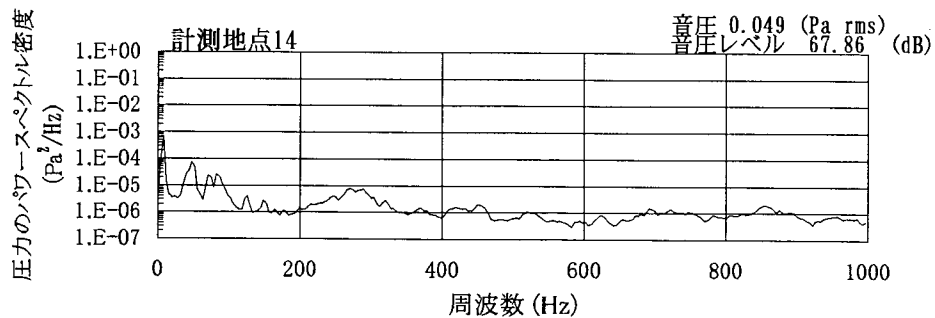
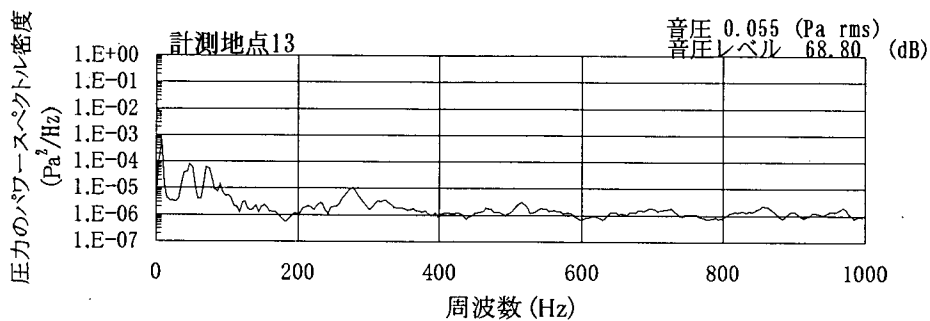
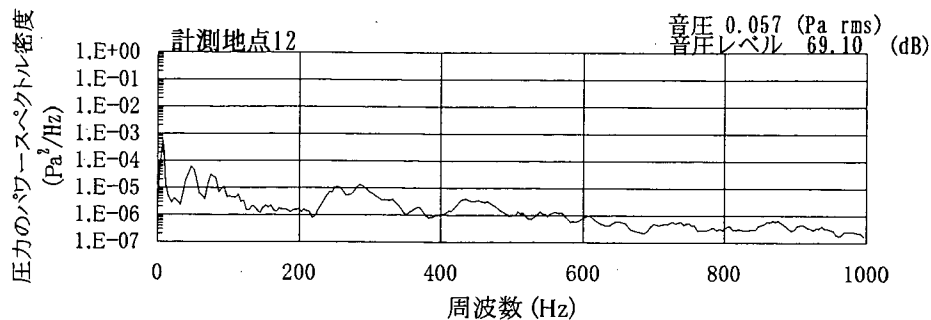
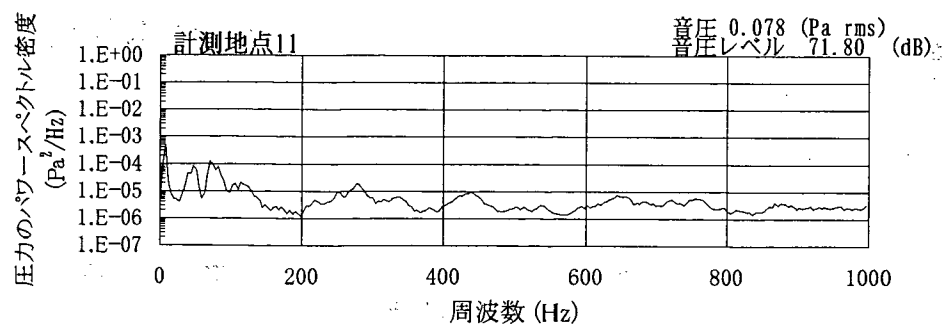


貯水池水位=327.51m

流量 Q=21.25

m³/s

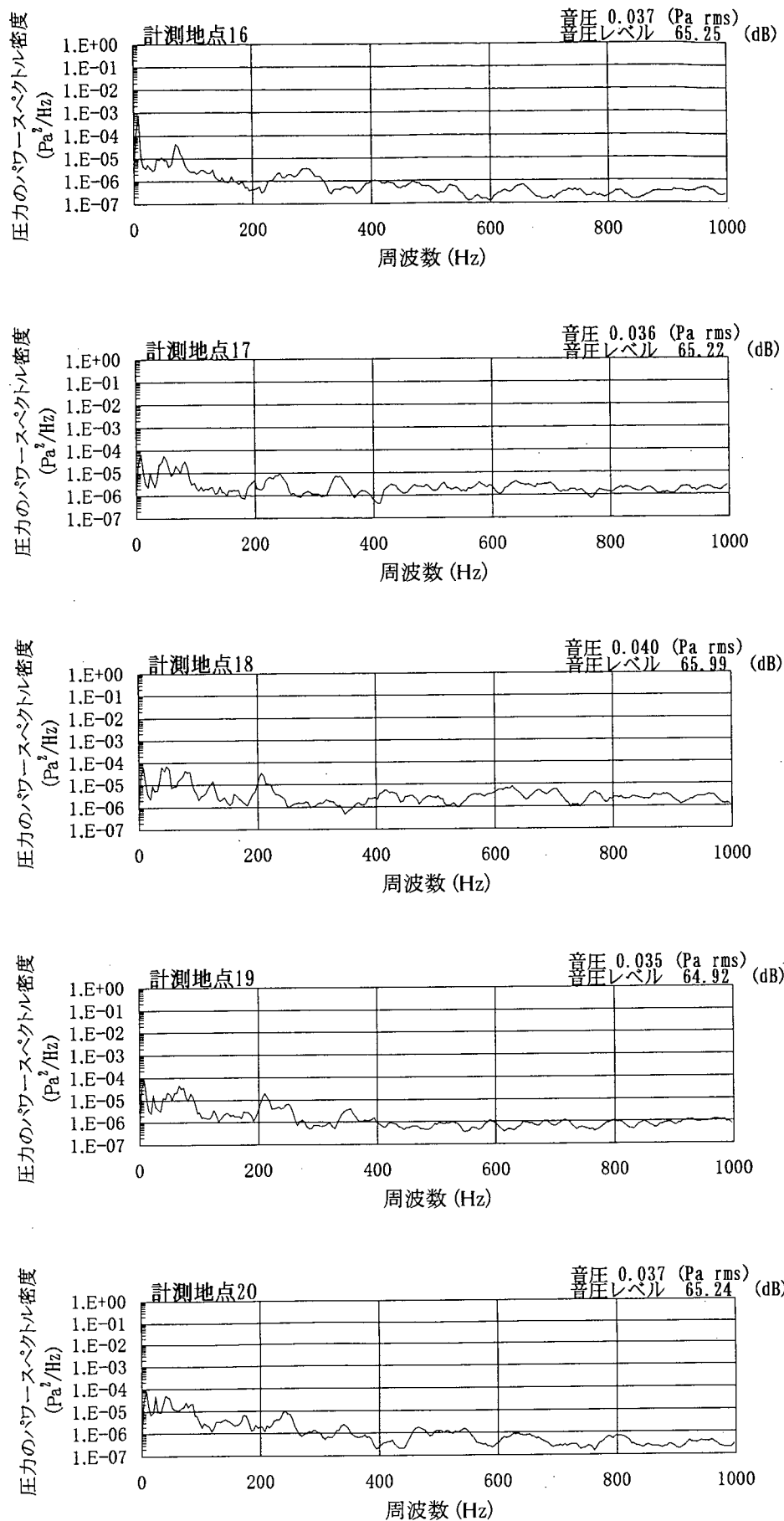
付図-1.5(2) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=20m³/s)[測点6~10]



貯水池水位=327.51m

流量 Q=21.25 m³/s

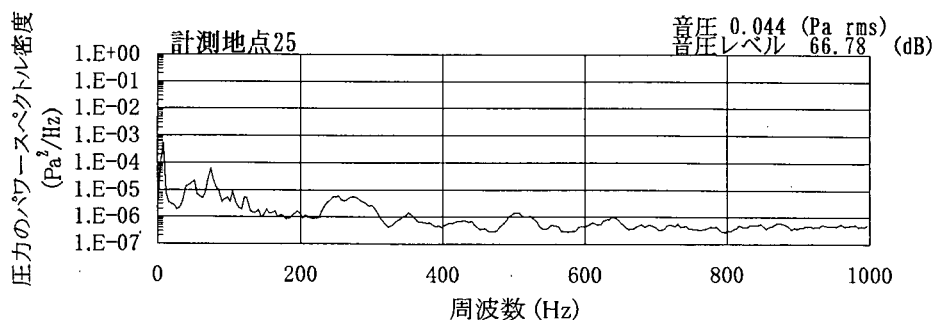
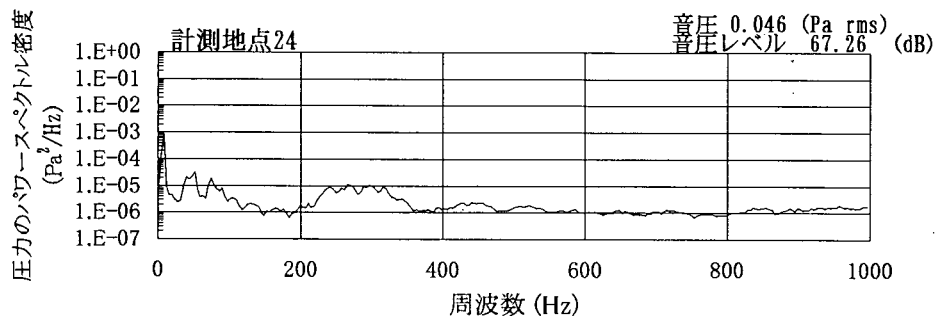
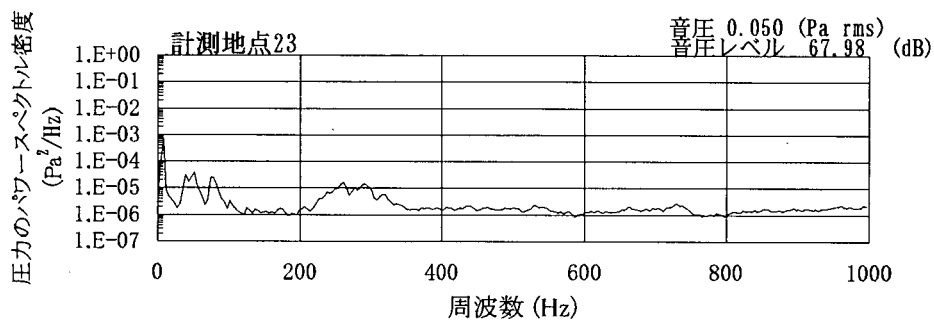
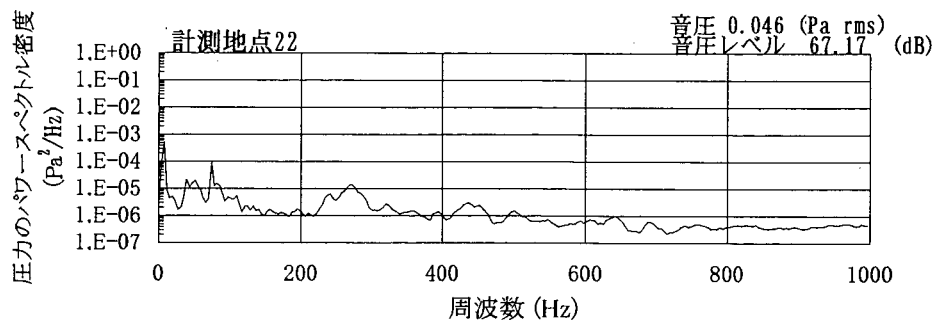
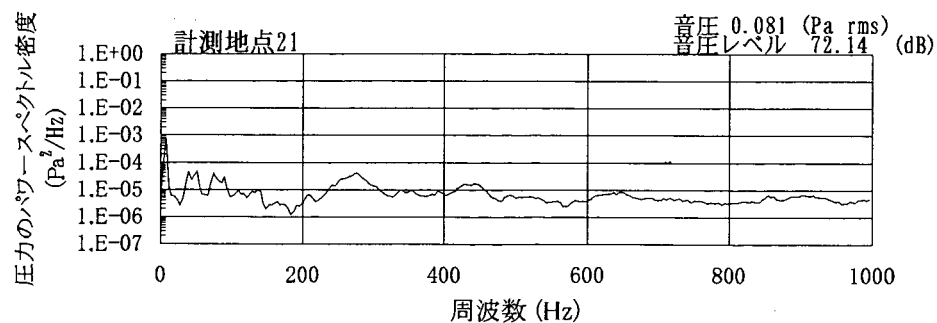
付図-1.5(3) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=20m³/s)[測点11~15]



貯水池水位=327.51m

流量 $Q=21.25 \text{ m}^3/\text{s}$

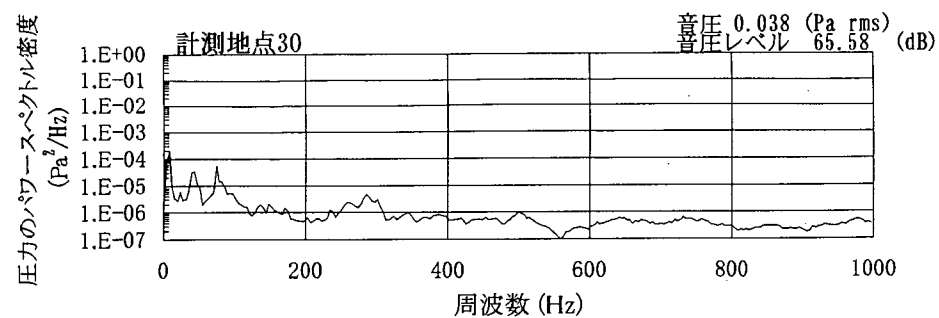
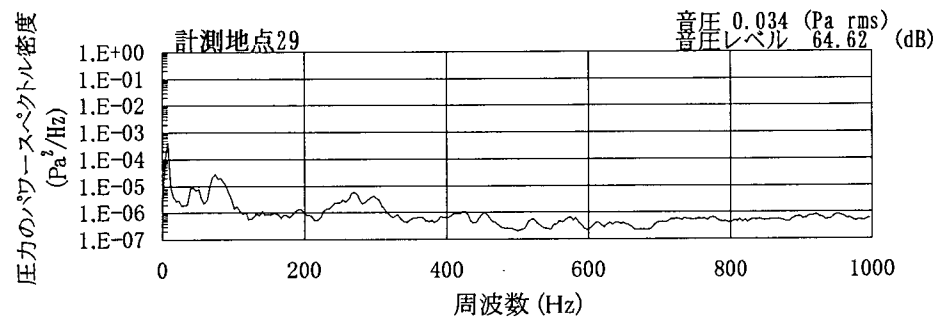
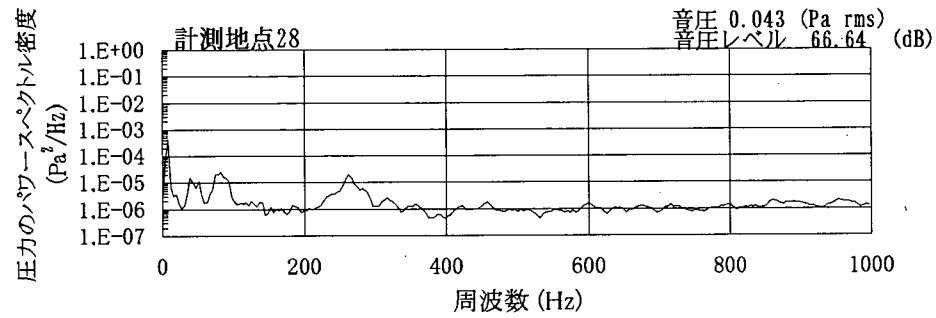
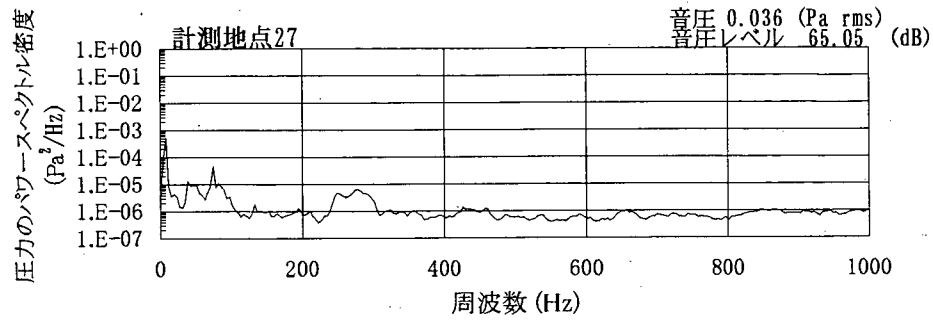
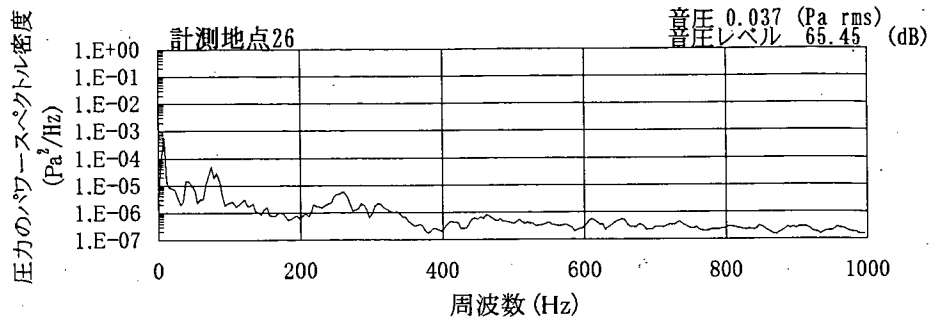
付図-1.5(4) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点16~20〕



貯水池水位=327.51m

流量 Q=21.25 m³/s

付図-1.5(5) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=20m³/s)〔測点21~25〕

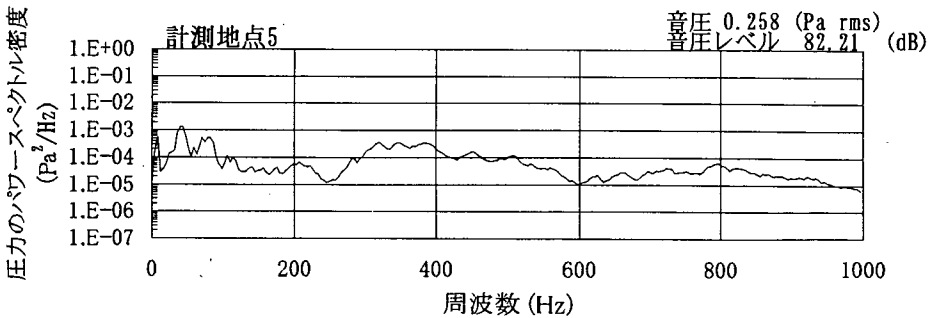
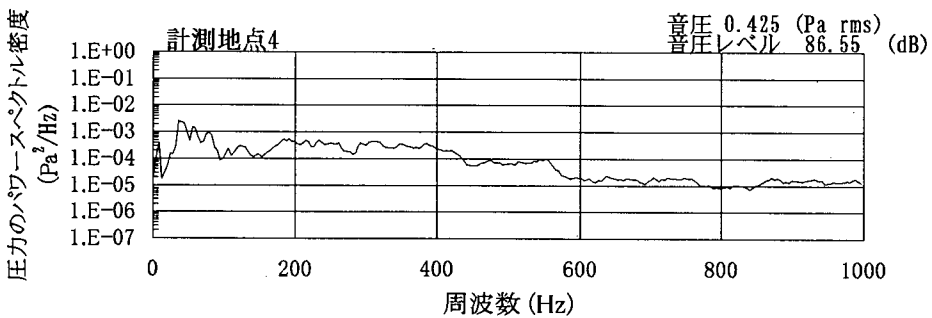
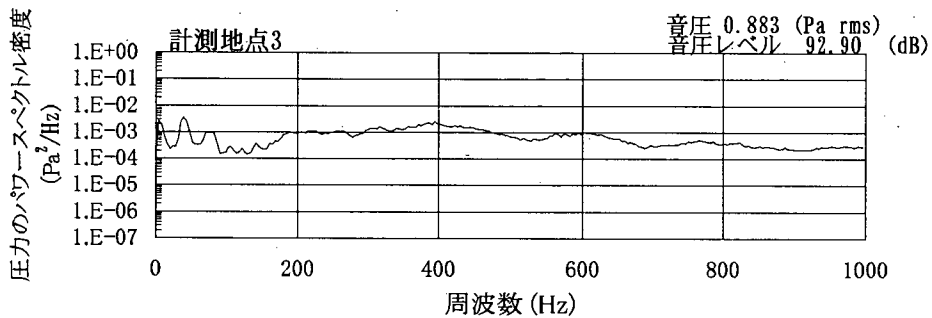
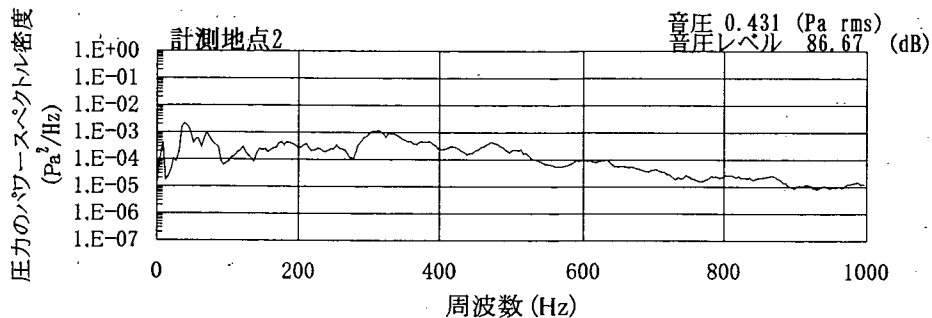
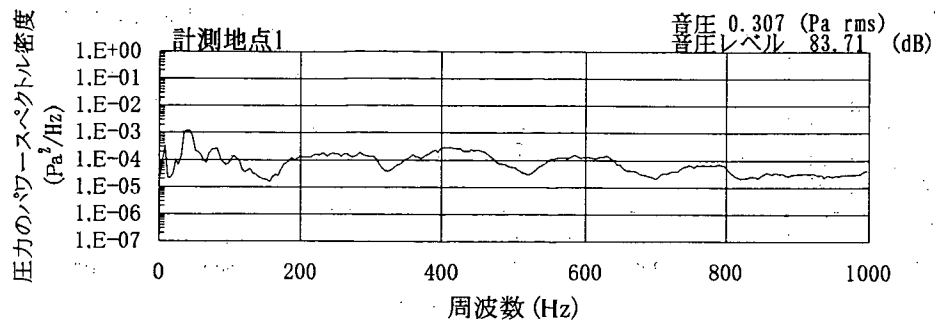


貯水池水位=327.51m

流量 Q=21.25

m³/s

付図-1.5(6) 対策前(現況)の圧力のパワースペクトル密度(Q=20m³/s)〔測点26~30〕

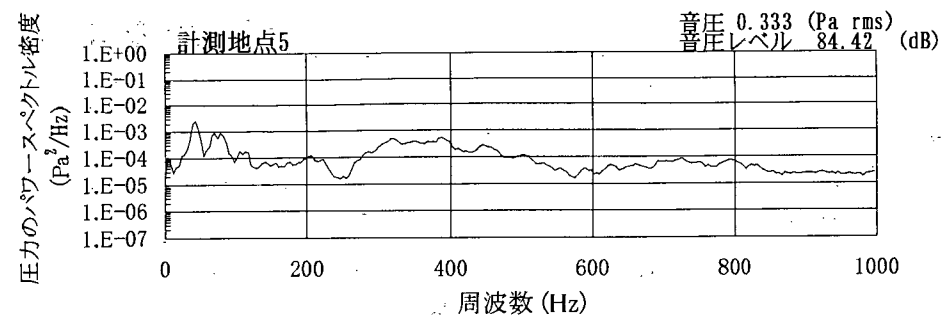
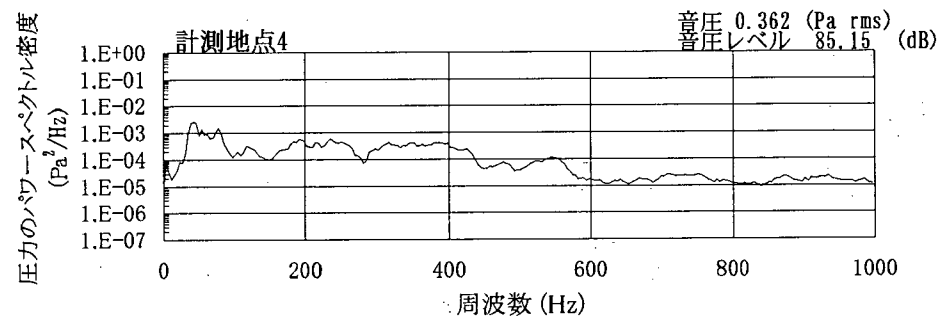
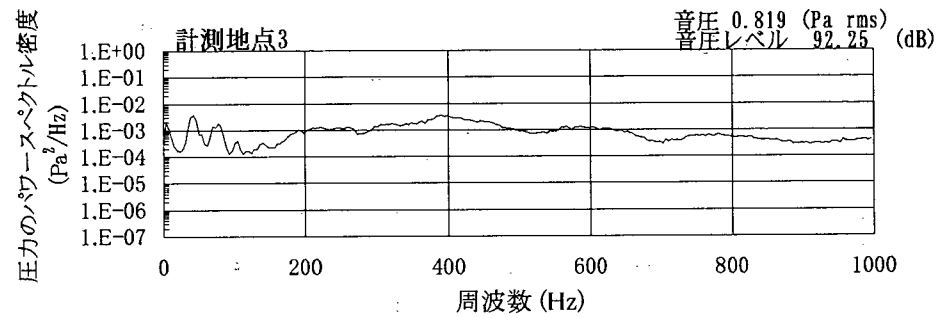
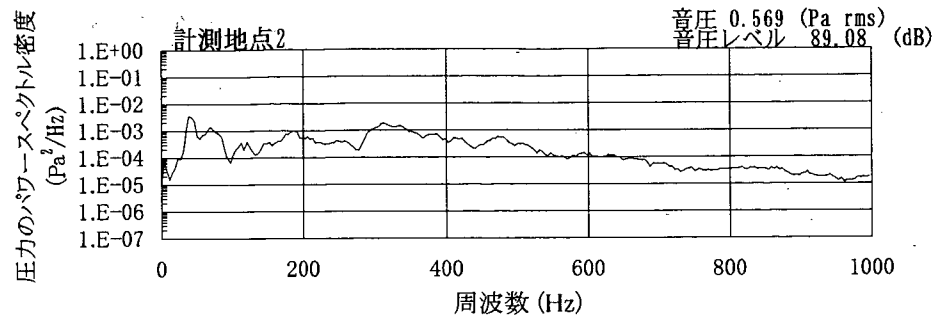
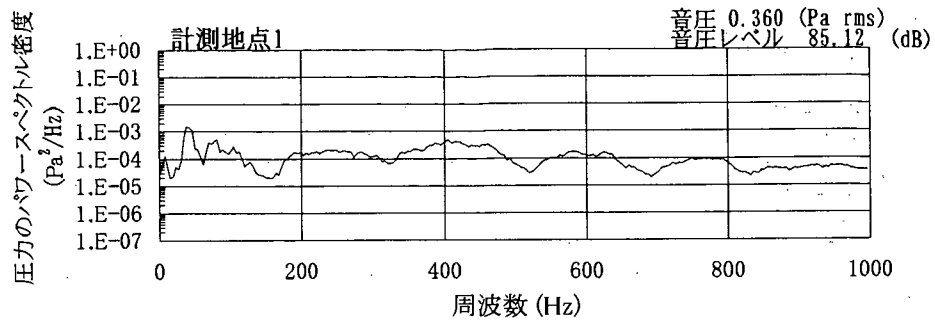


貯水池水位=325.32m

流量 $Q=99.84$

m^3/s

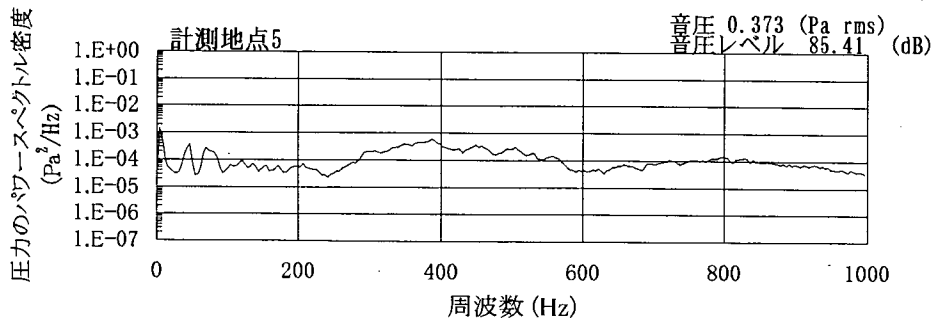
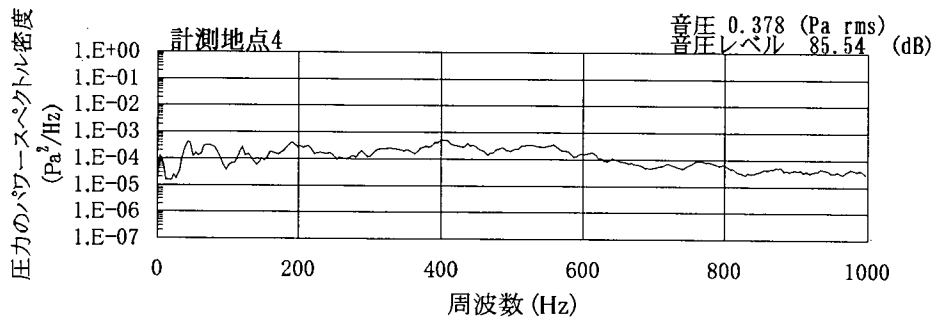
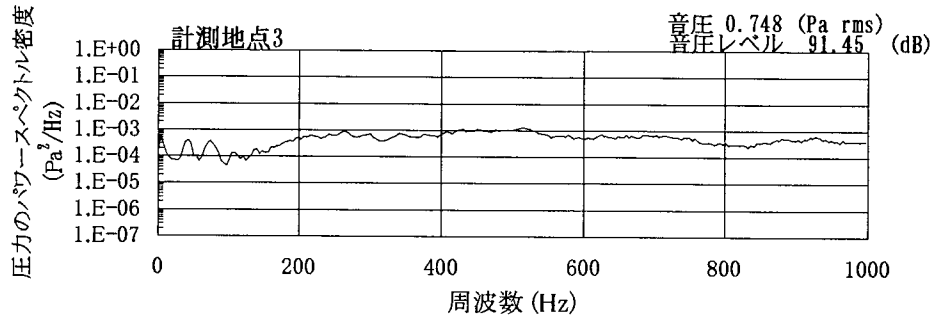
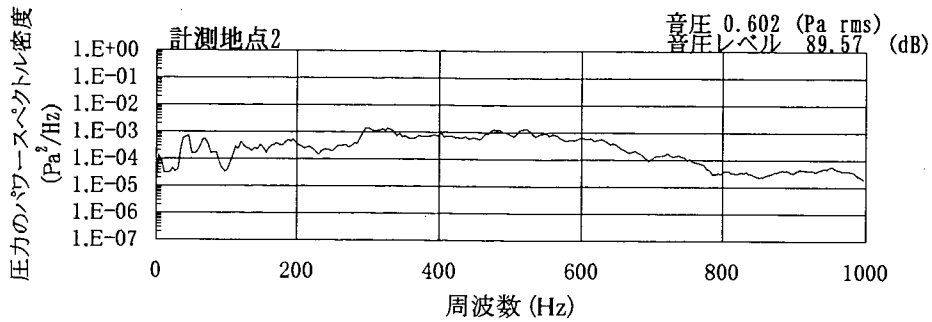
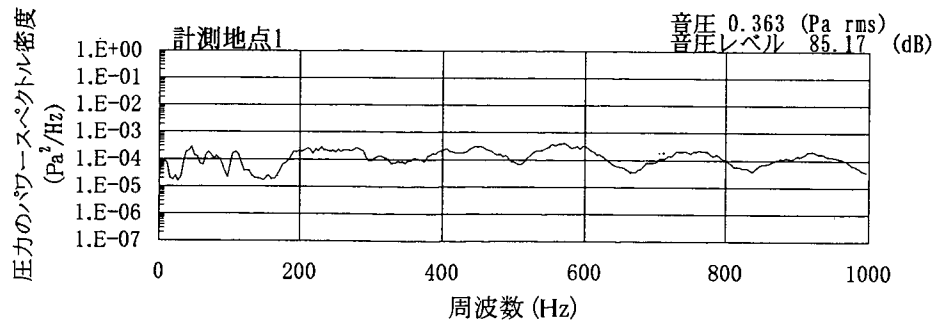
付図-2.1(1) 基本検討における圧力のパワースペクトル密度(対策前(現況))



貯水池水位=325.78m

流量 $Q=100.94 \text{ m}^3/\text{s}$

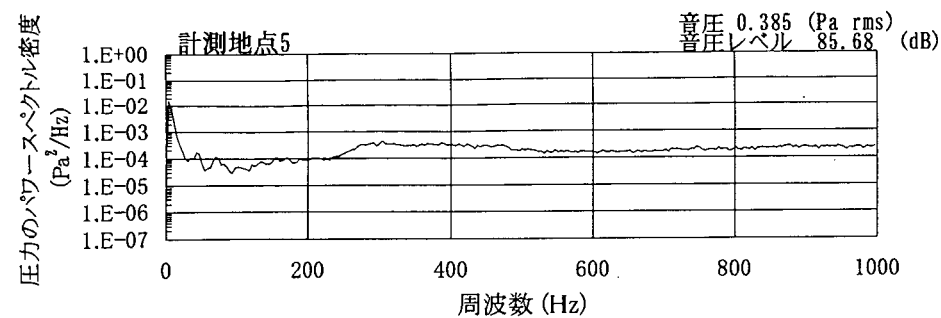
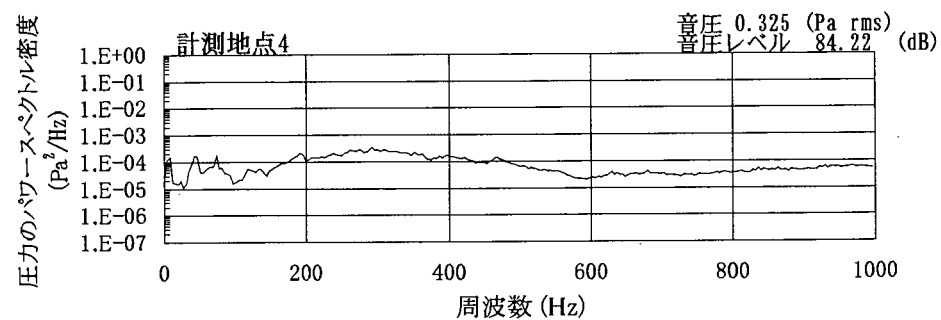
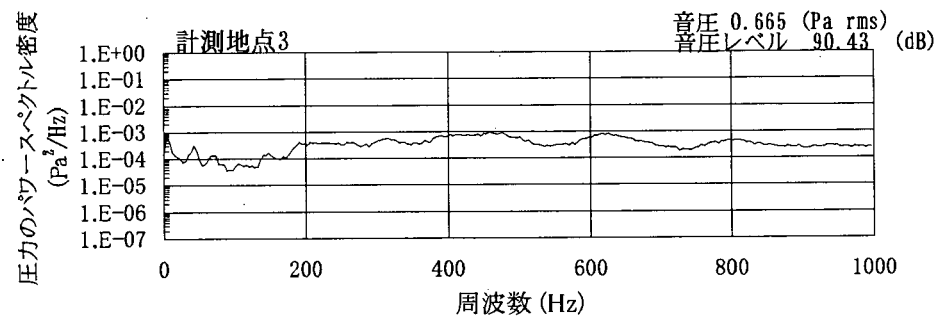
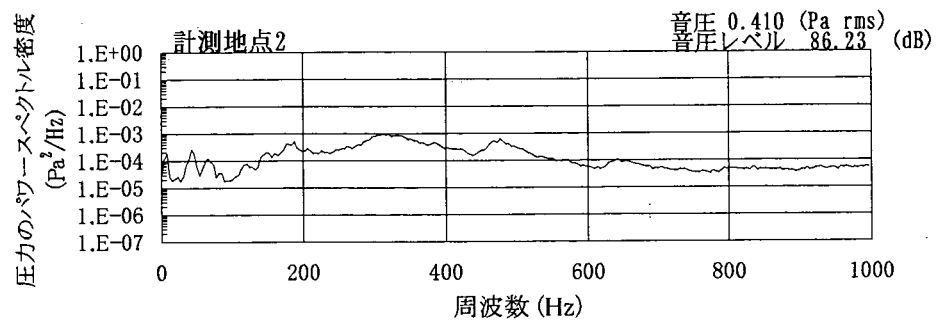
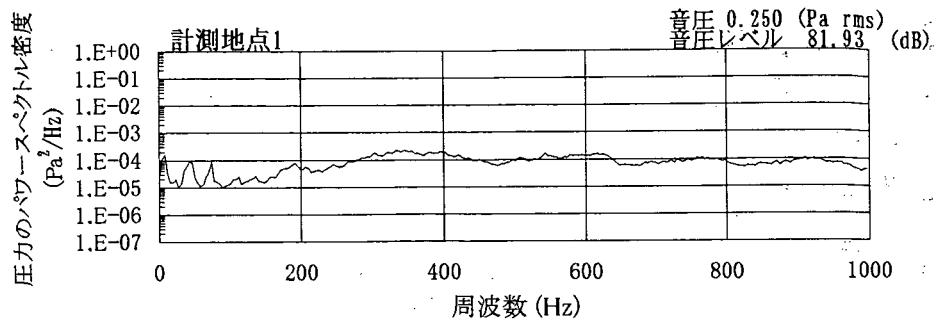
付図-2.1(2) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度 (CASE1-1)



貯水池水位=325.34m

流量 Q=100.00 m³/s

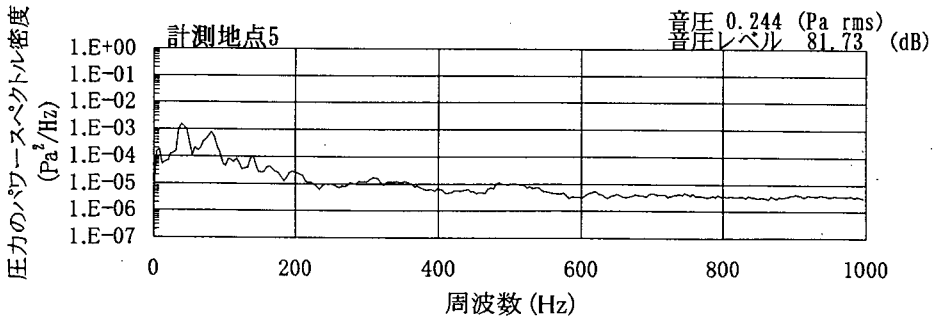
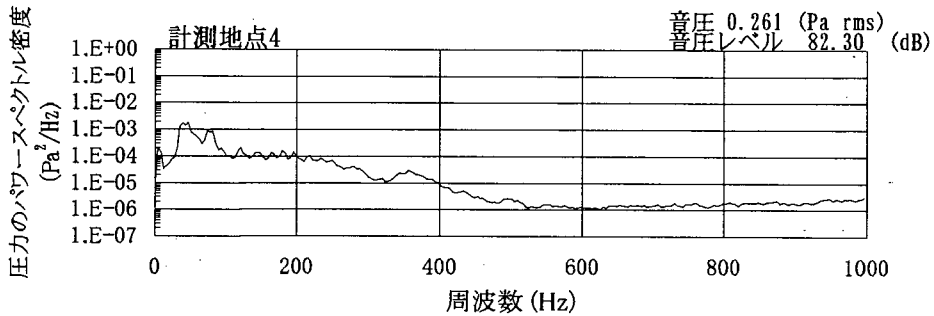
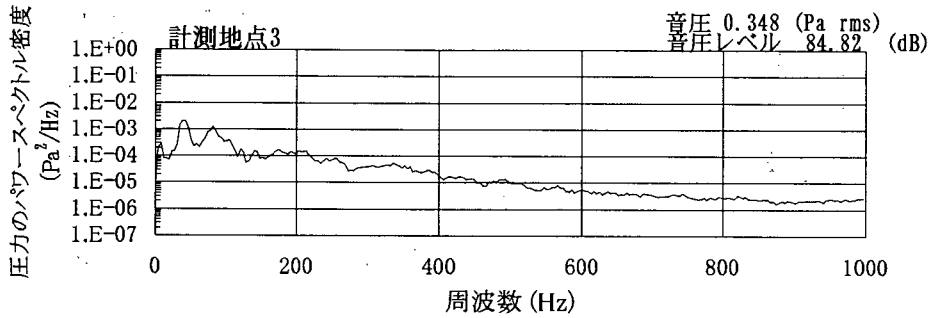
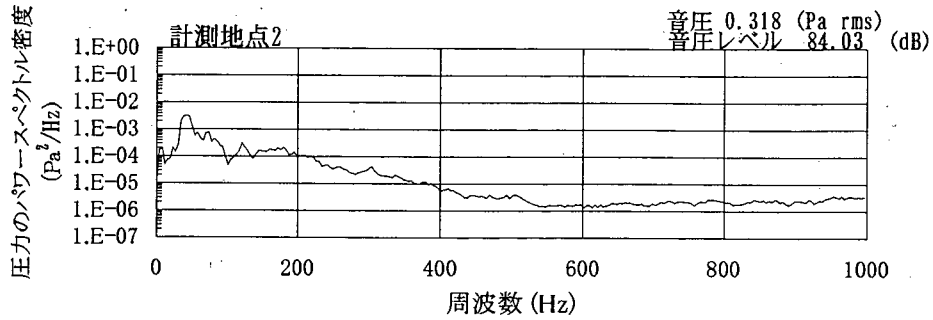
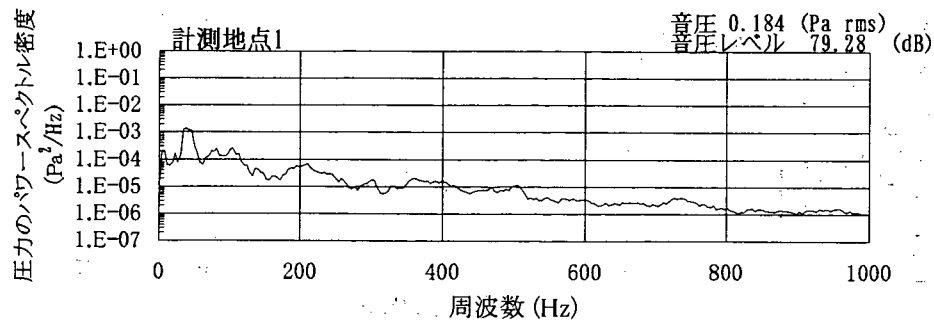
付図-2.1(3) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE1-2)



貯水池水位=325.62m

流量 Q=100.00 m³/s

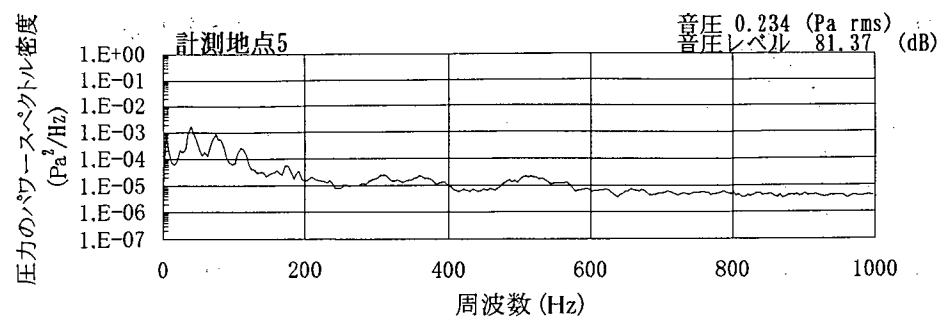
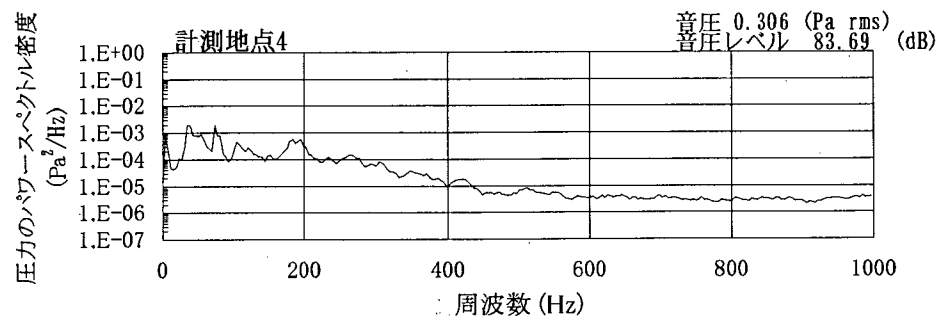
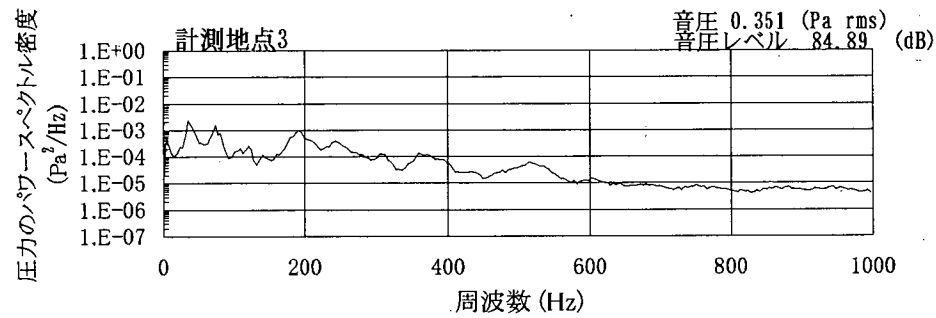
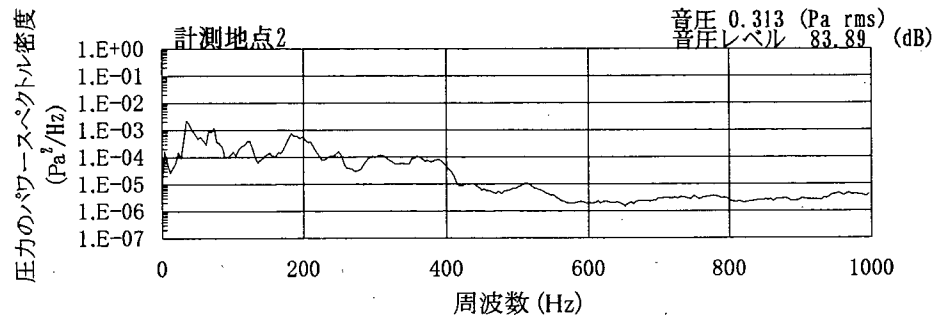
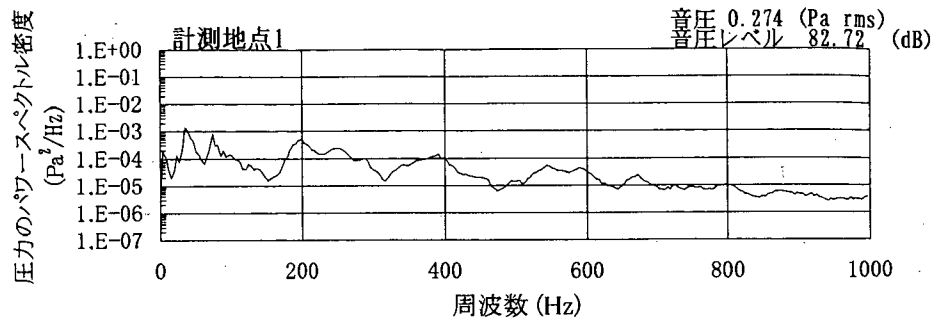
付図-2.1(4) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE1-3)



貯水池水位=325.65m

流量 $Q=100.47 \text{ m}^3/\text{s}$

付図-2.1(5) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE2-1)

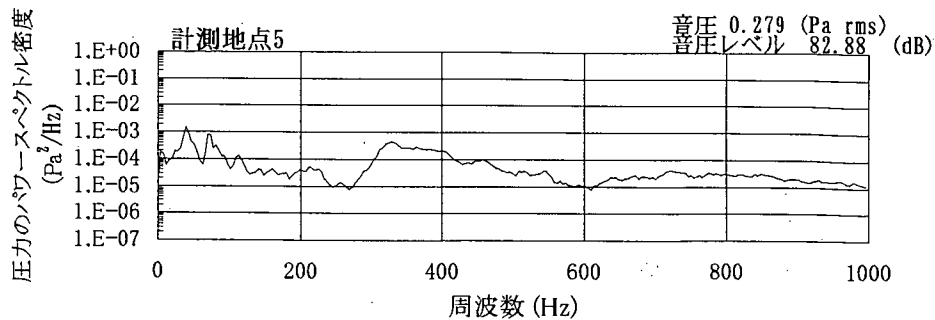
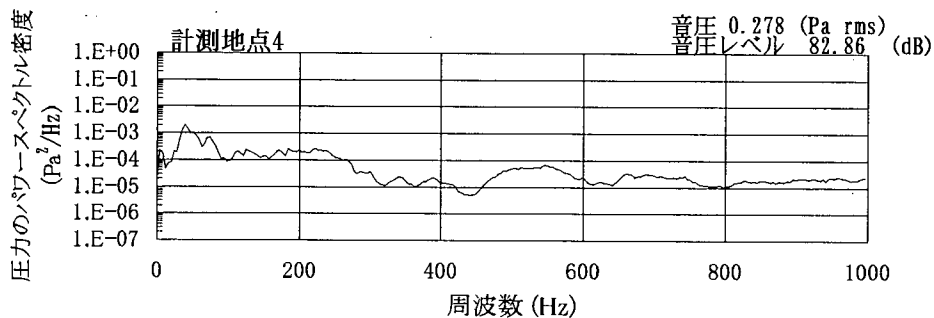
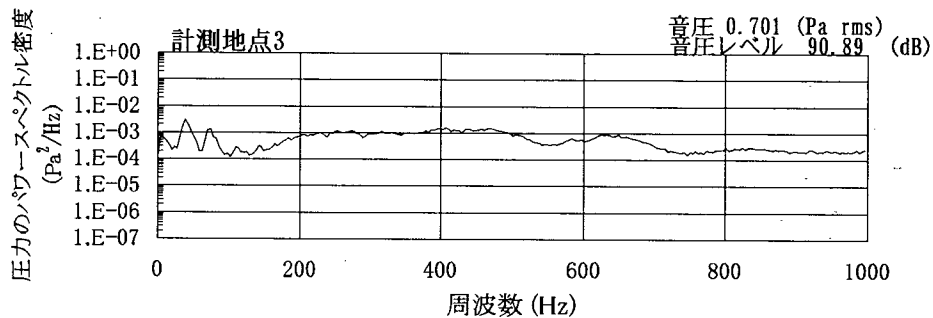
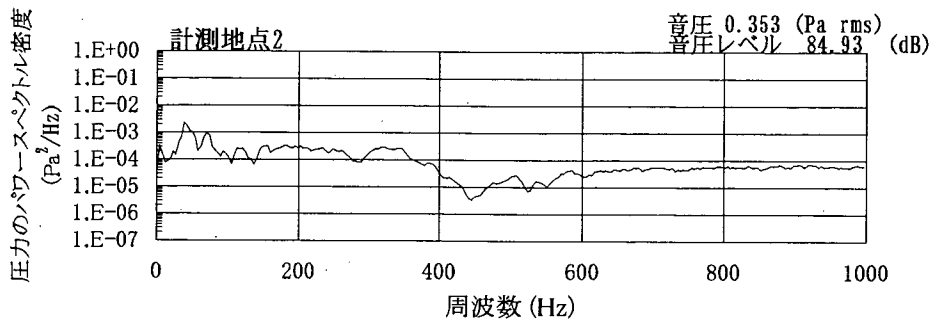
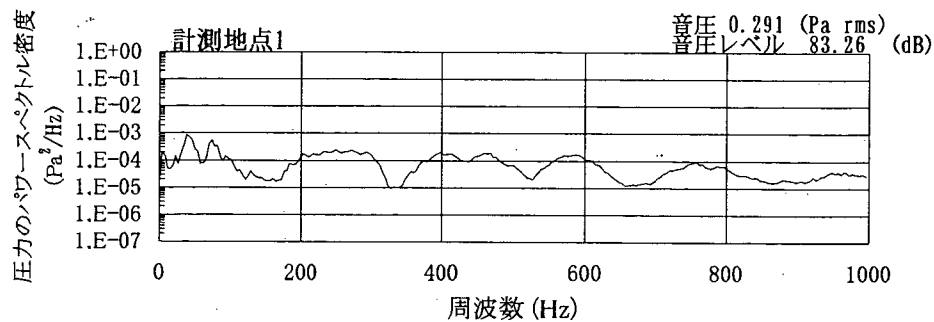


貯水池水位=325.68m

流量 Q=99.53

m³/s

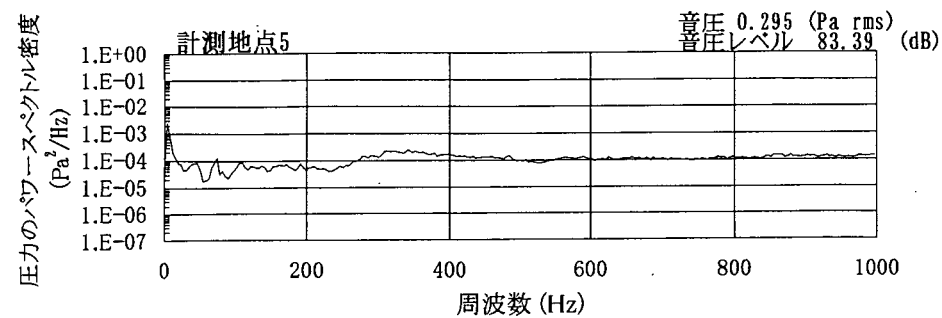
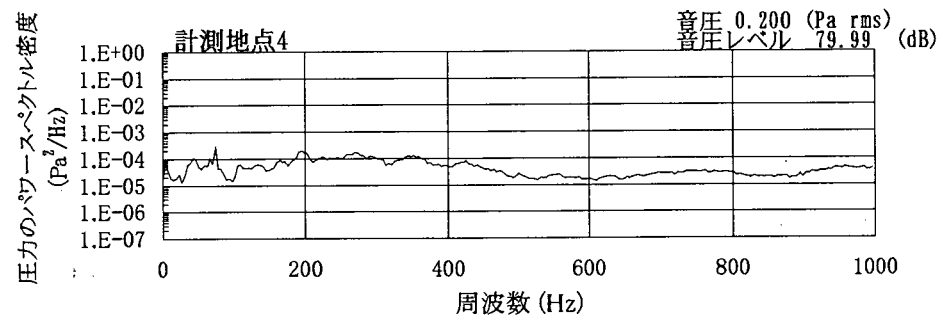
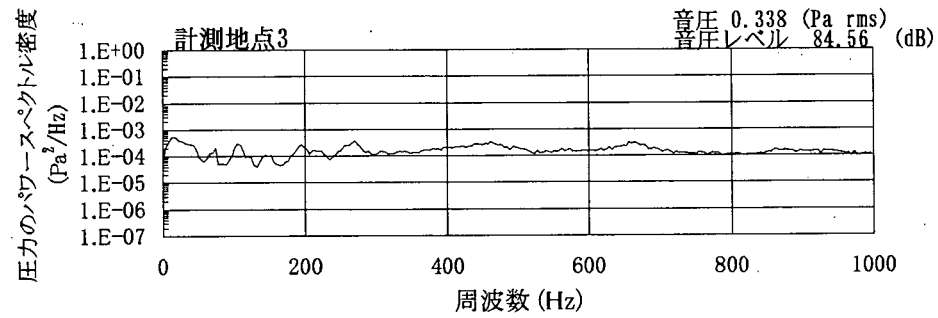
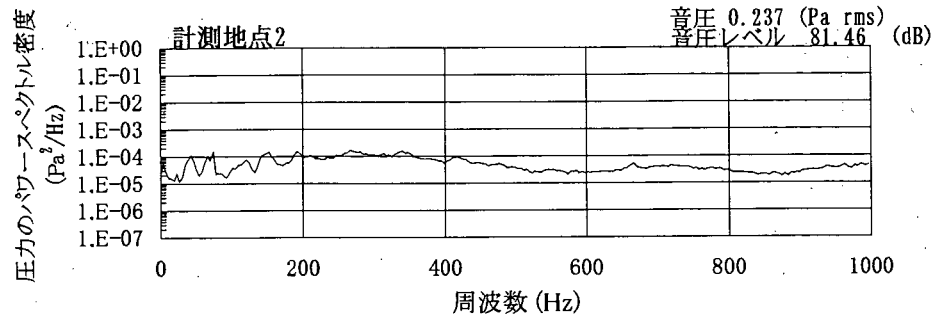
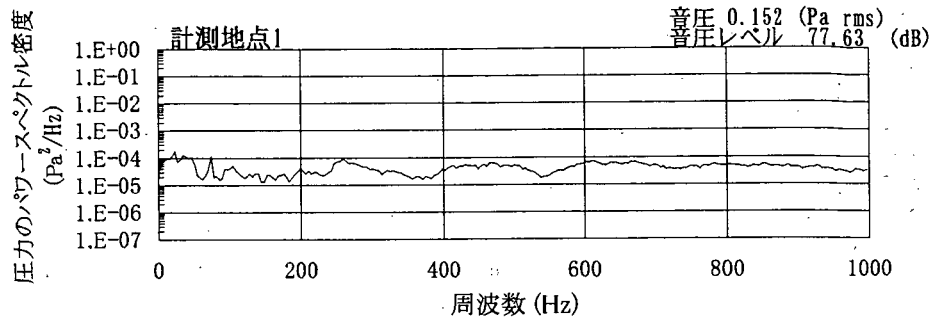
付図-2.1(6) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE2-2)



貯水池水位=325.00m

流量 Q=99.69 m³/s

付図-2.1(7) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE2-3)

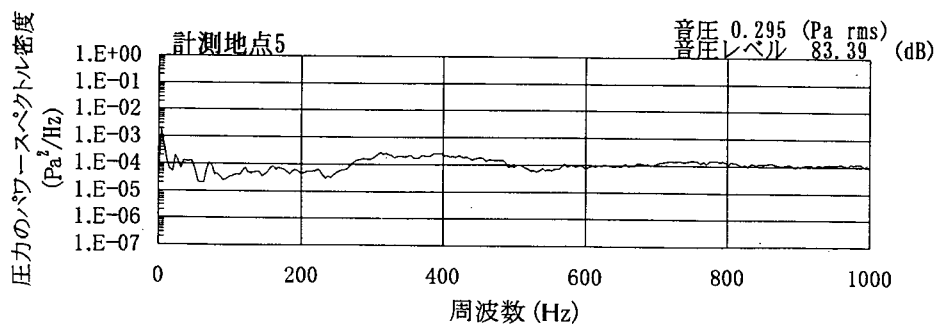
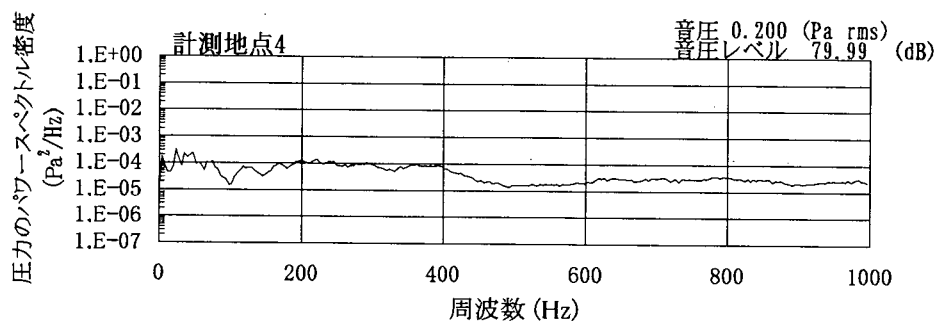
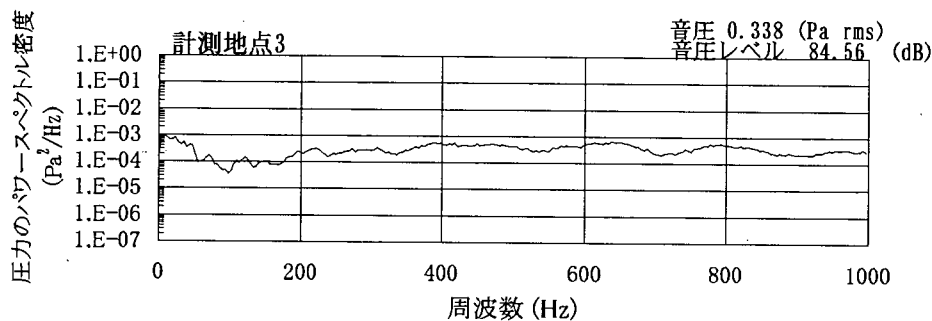
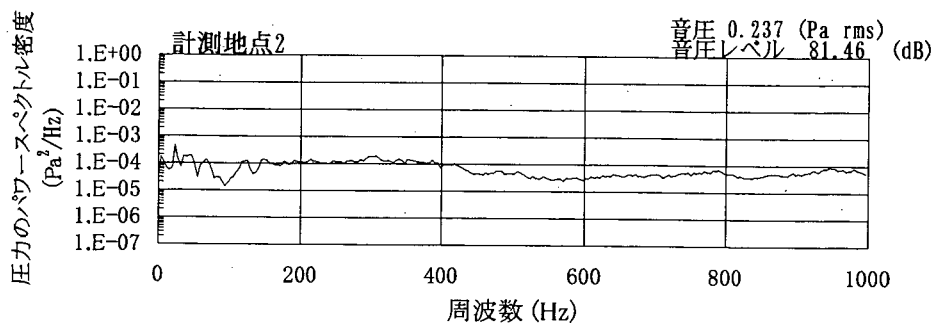
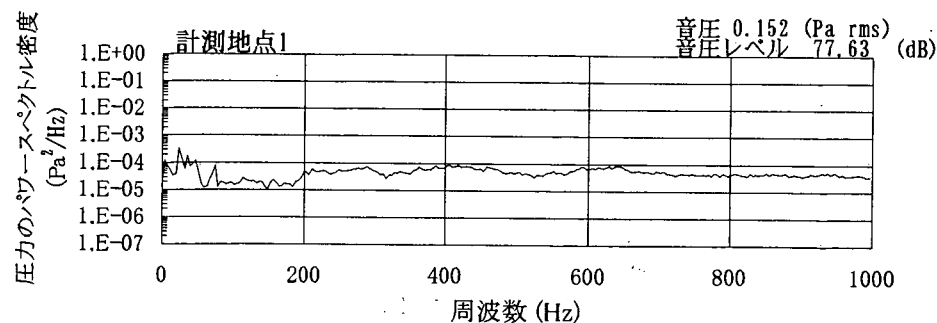


貯水池水位=325.50m

流量 Q=99.84

m³/s

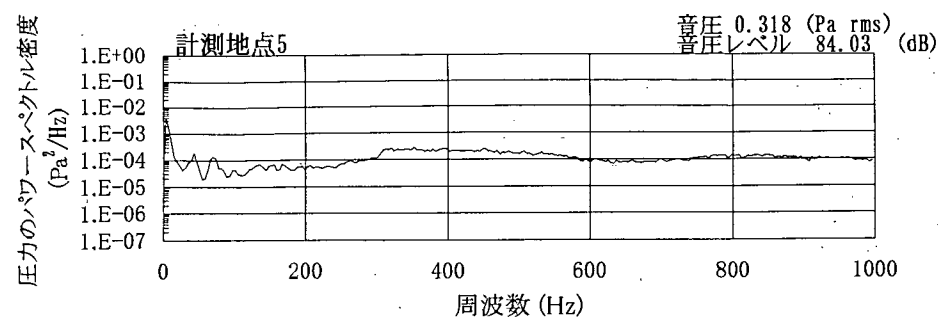
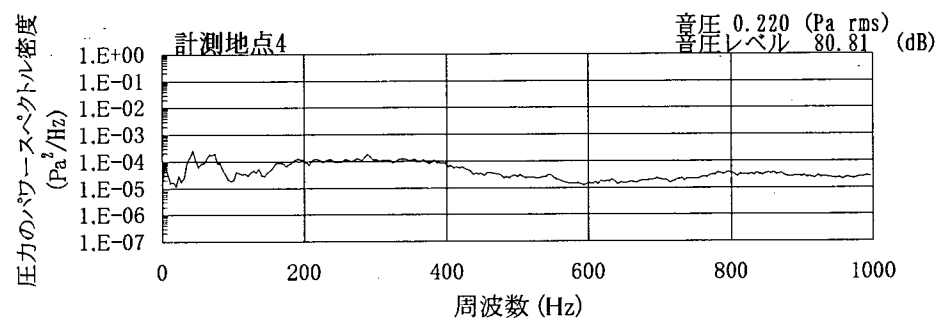
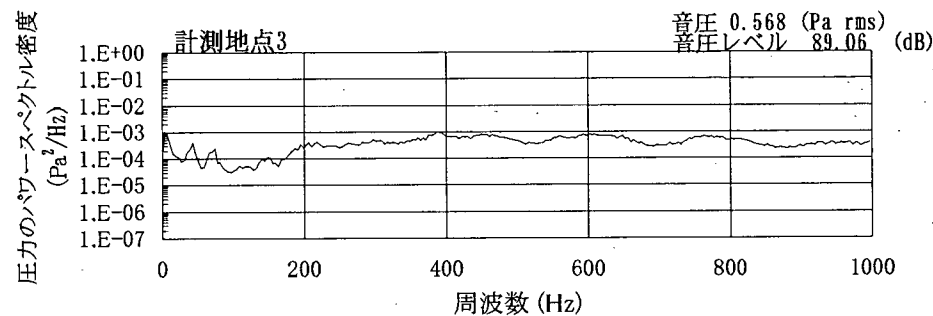
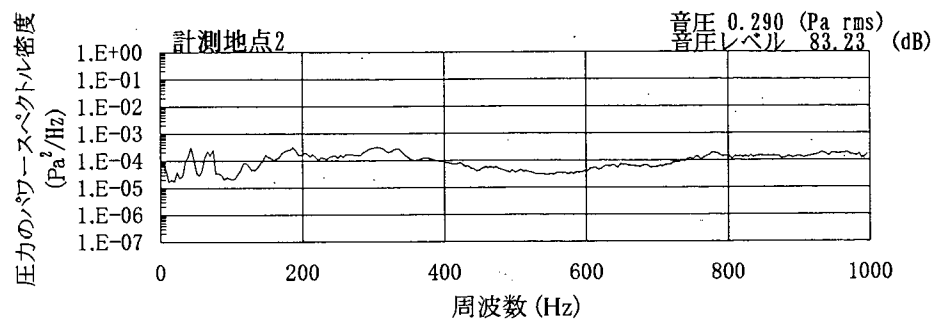
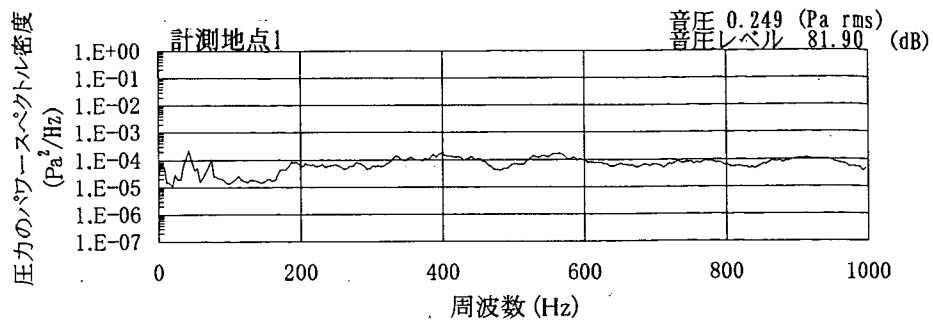
付図-2.1(8) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE3-1)



貯水池水位=325.21m

流量 Q=98.96 m³/s

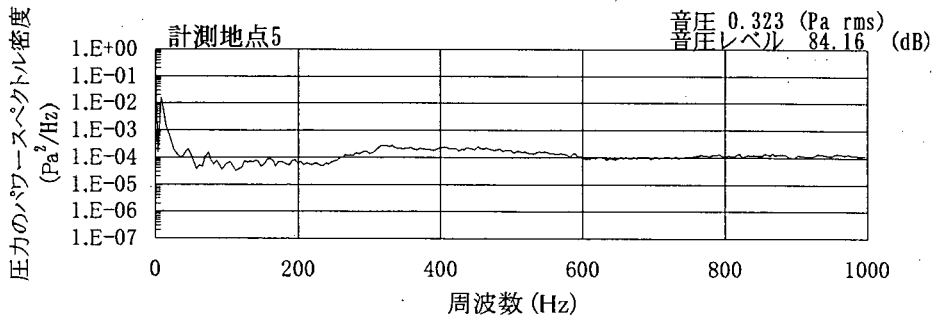
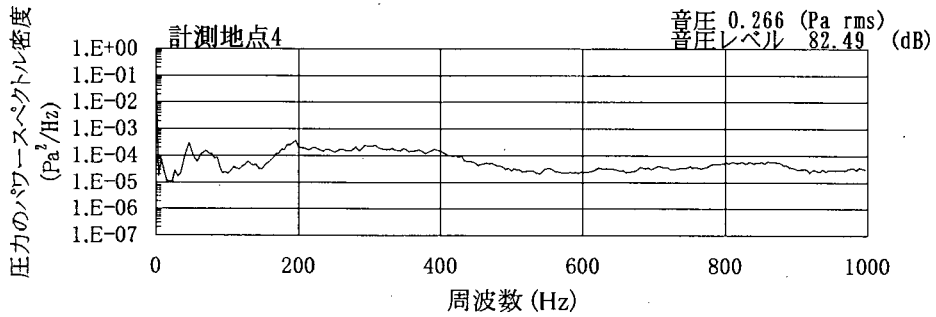
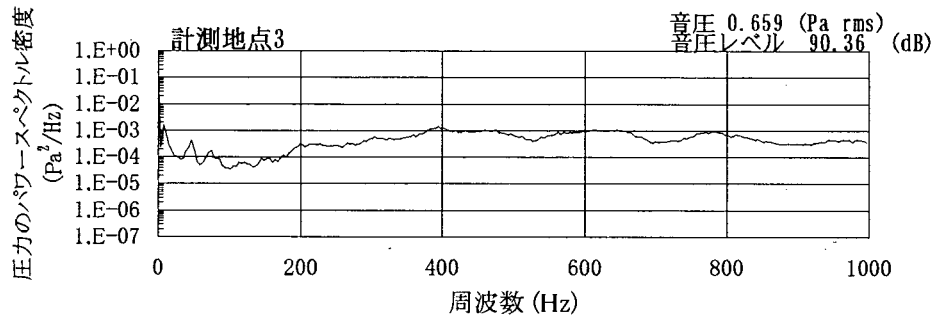
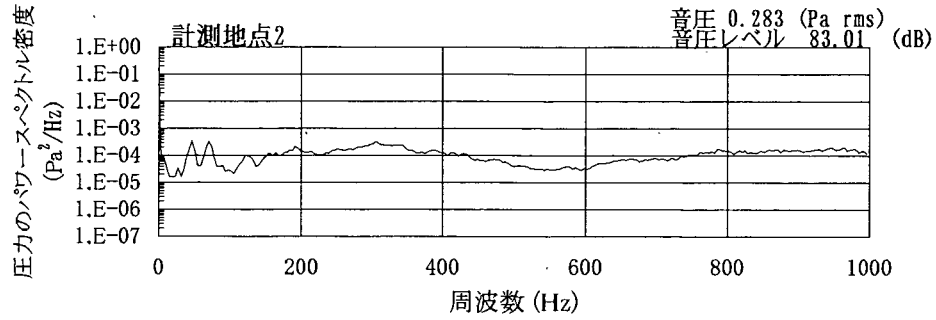
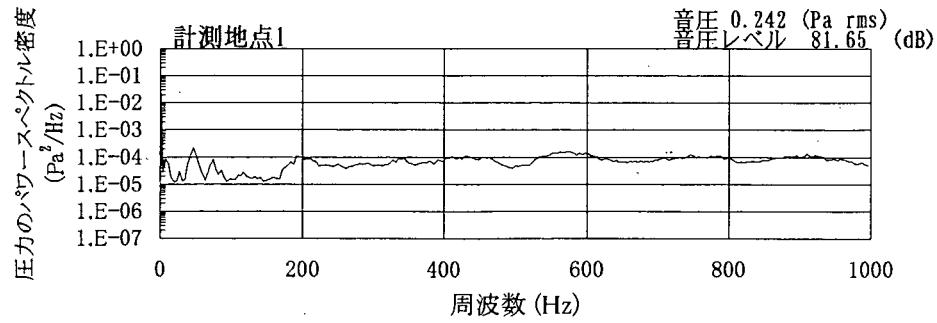
付図-2.1(9) 基本検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE3-2)



貯水池水位=325.33m

流量 $Q=100.78 \text{ m}^3/\text{s}$

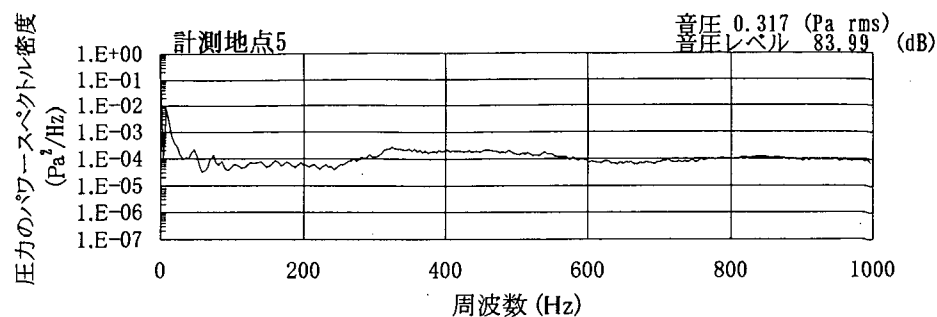
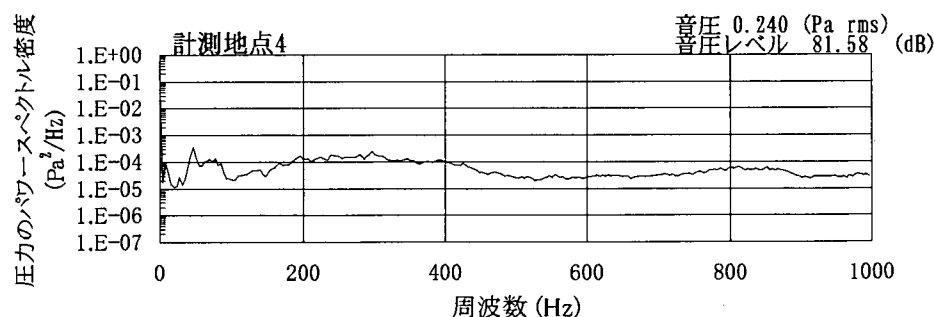
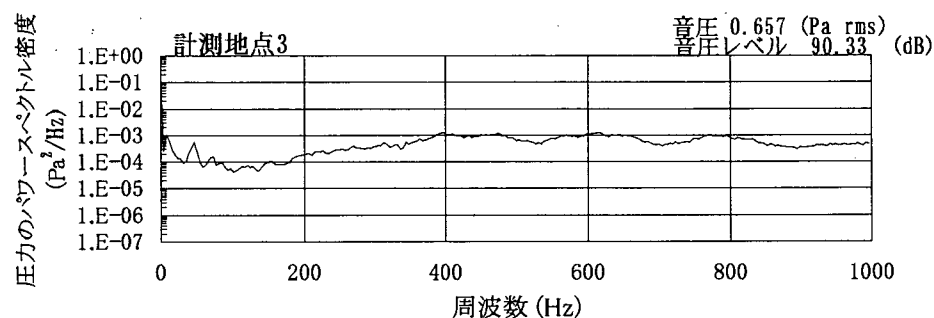
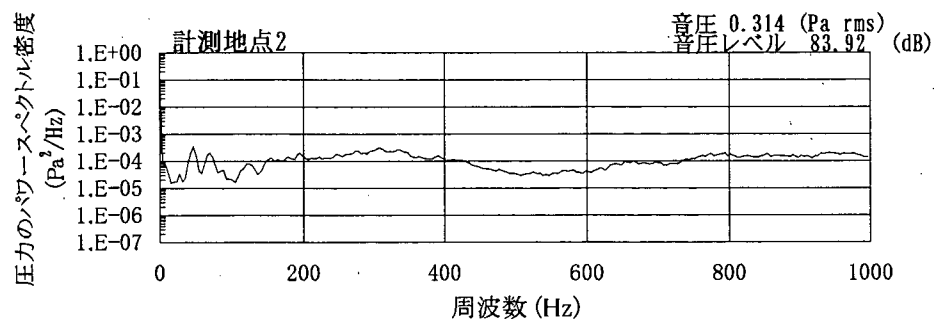
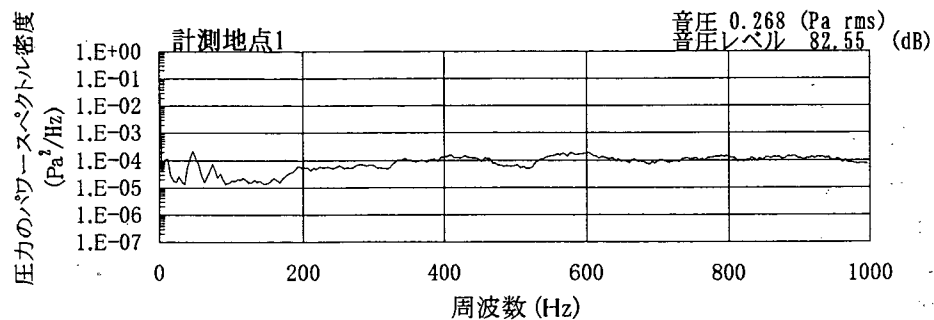
付図-2.2(1) 詳細検討時における圧力のパワースペクトル密度 (CASE4-1)



貯水池水位=324.51m

流量 Q=99.53 m³/s

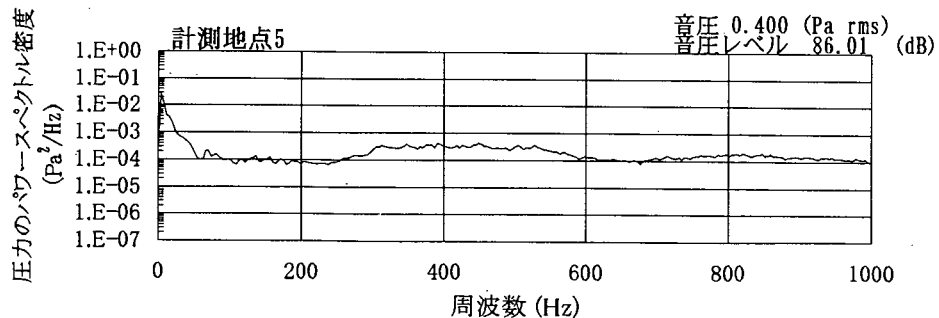
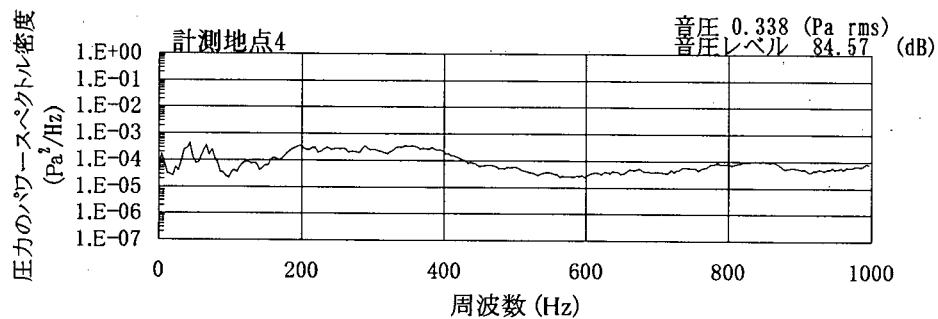
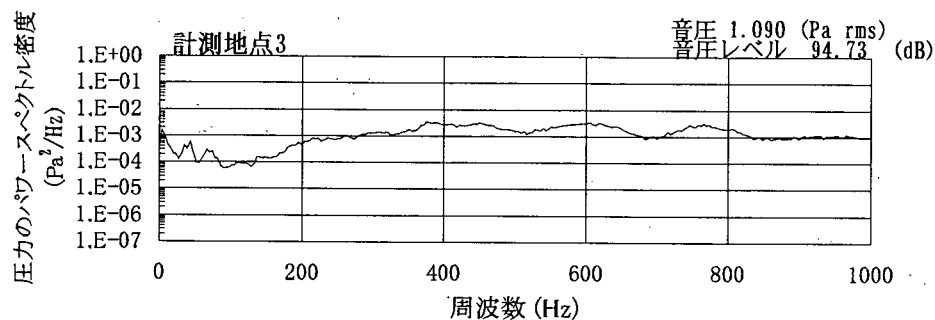
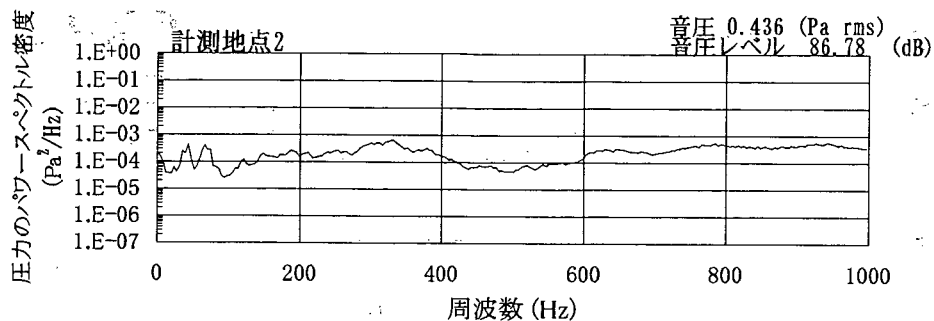
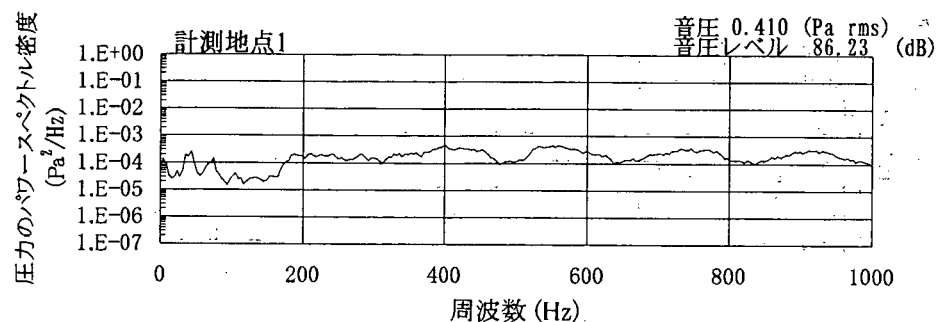
付図-2.2(2) 詳細検討時における圧力のパワースペクトル密度 (CASE4-2)



貯水池水位=100.31m

流量 Q=324.87 m³/s

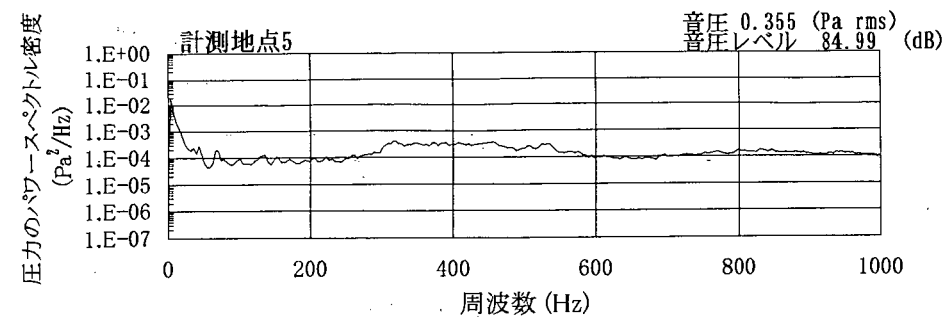
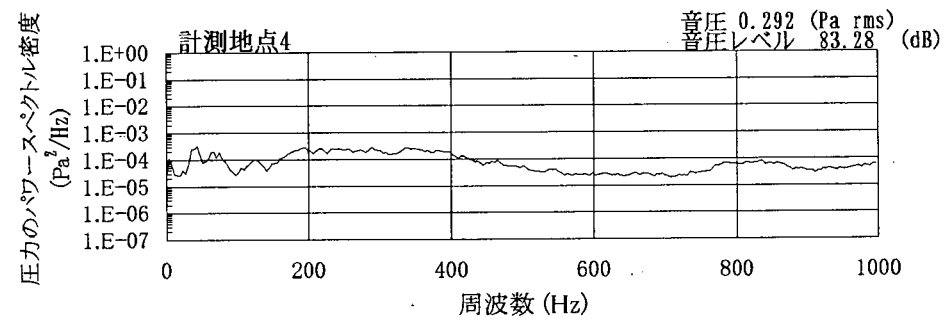
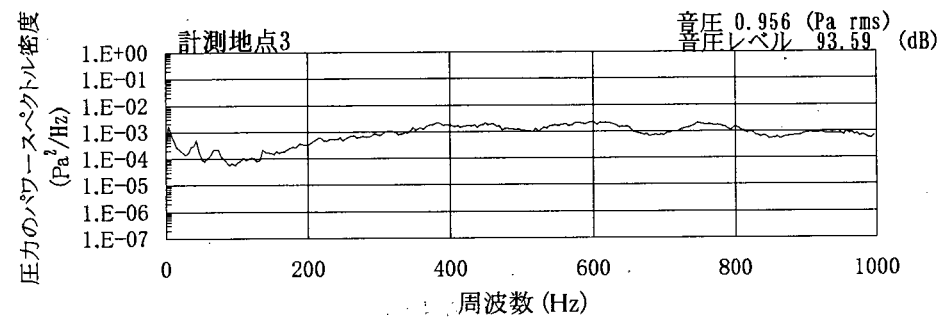
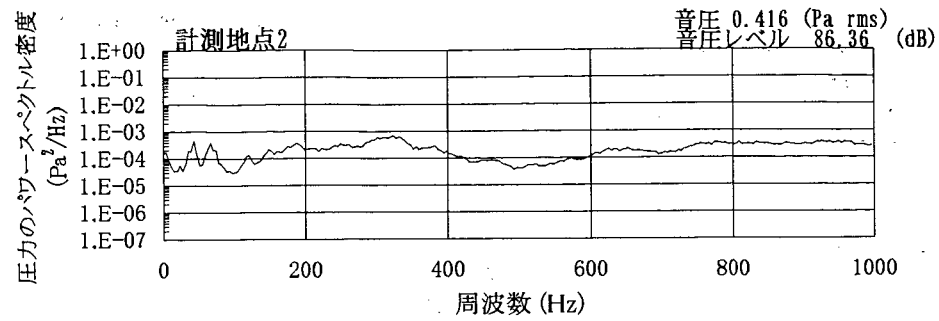
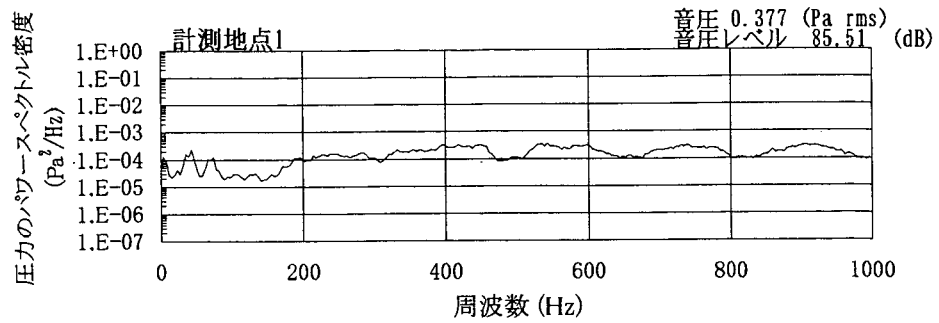
付図-2.2(3) 詳細検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE4-3)



貯水池水位=100.78m

流量 Q=324.97 m³/s

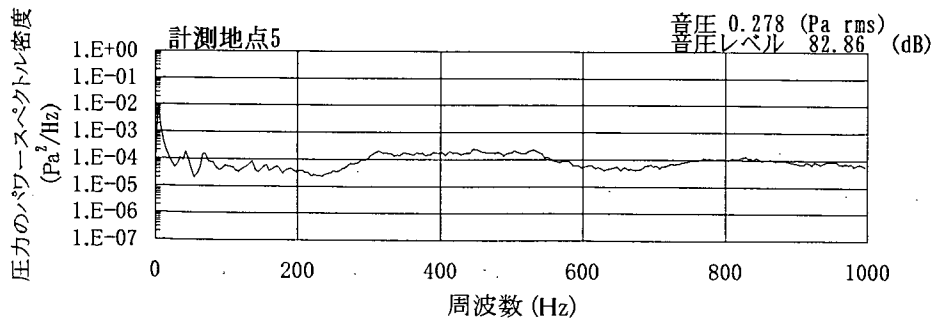
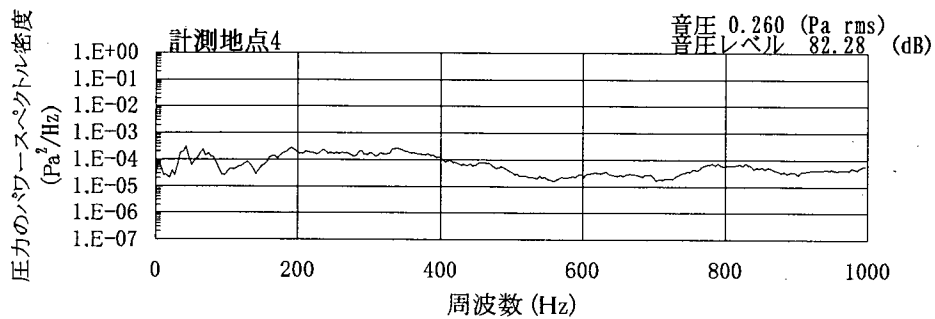
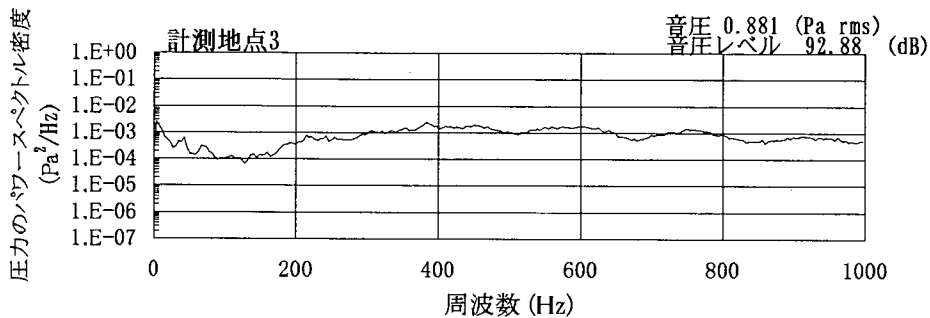
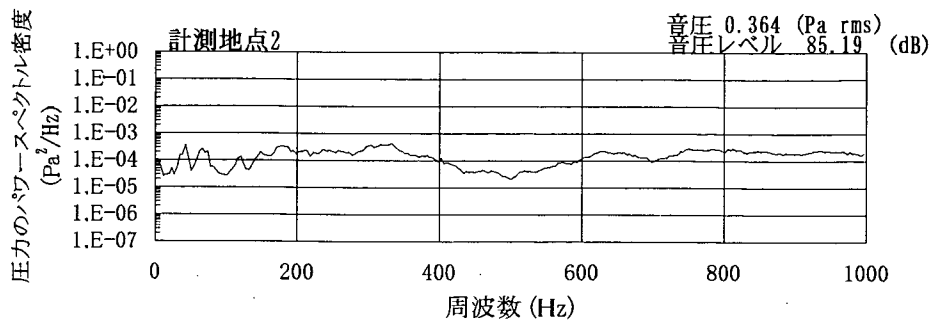
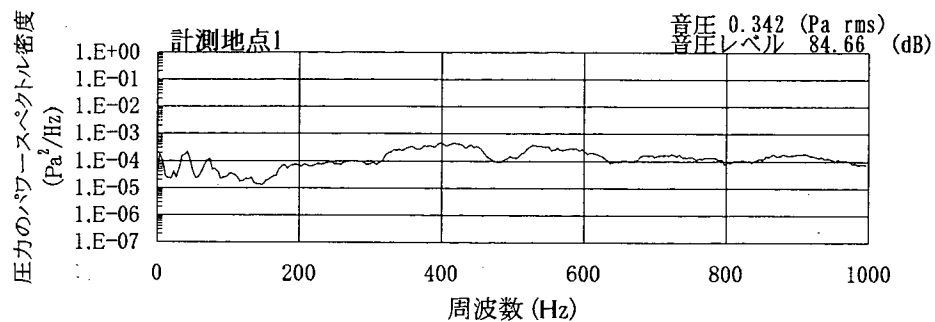
付図-2.2(4) 詳細検討時における圧力のパワースペクトル密度 (CASE5-1)



貯水池水位=100.94m

流量 $Q=325.15 \text{ m}^3/\text{s}$

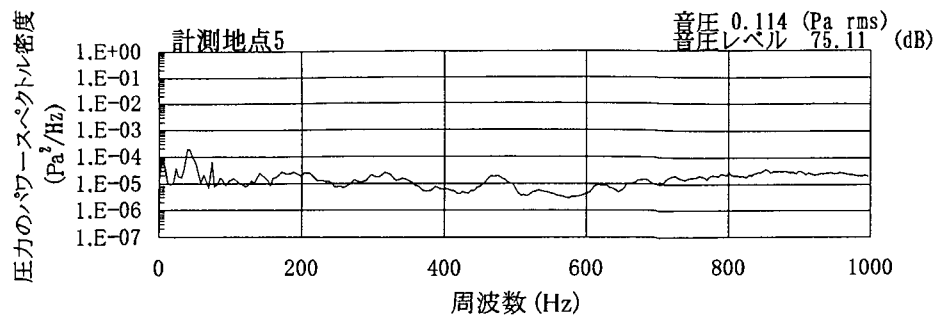
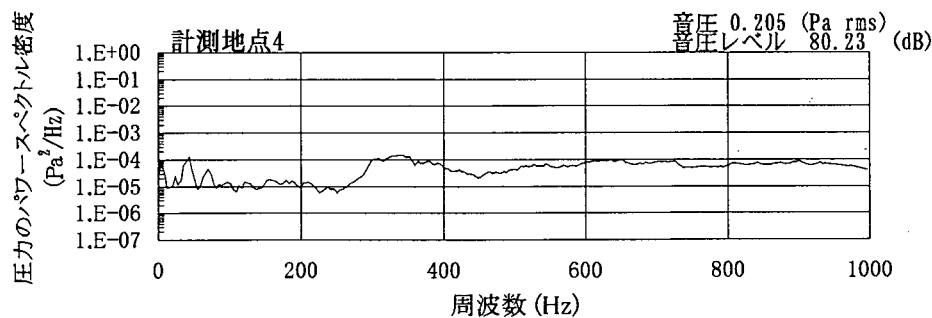
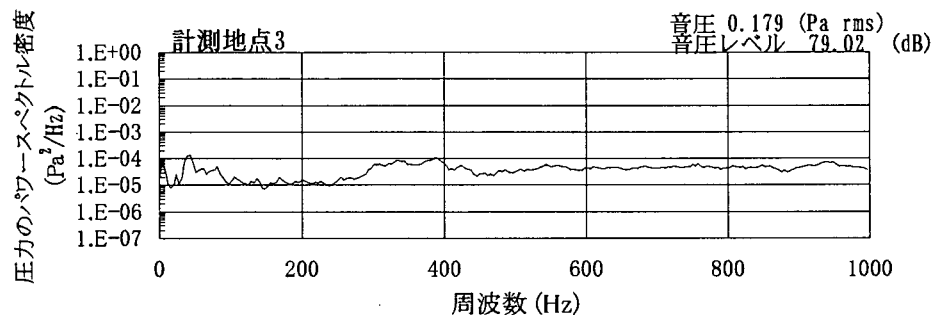
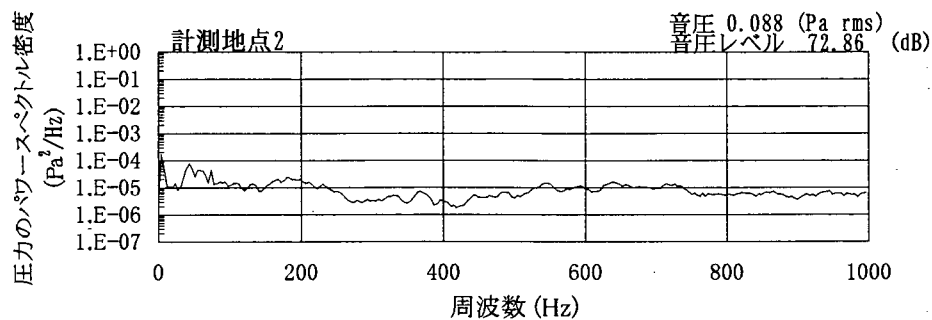
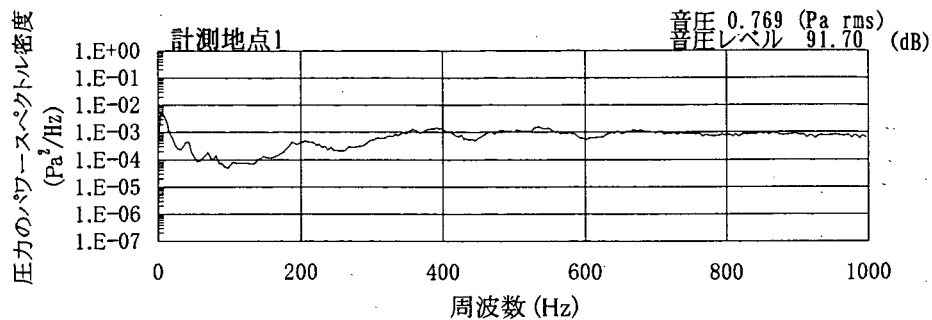
付図-2.2(5) 詳細検討時における圧力のパワースペクトル密度 (CASE5-2)



貯水池水位=101.09m

流量 Q=325.47 m³/s

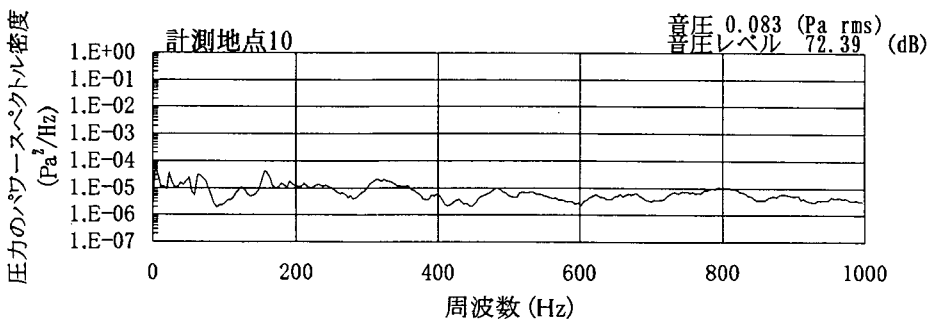
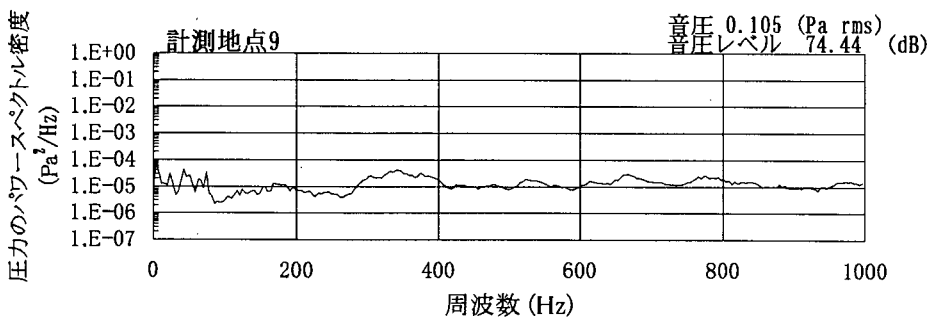
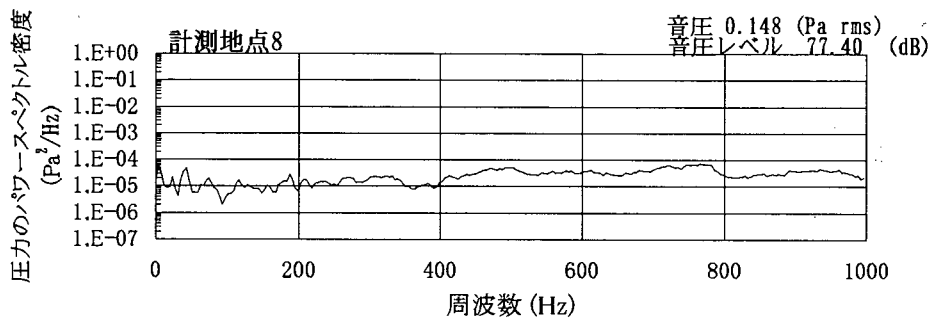
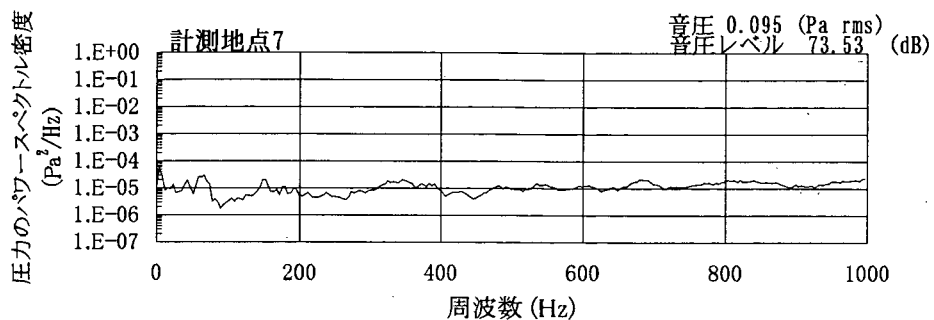
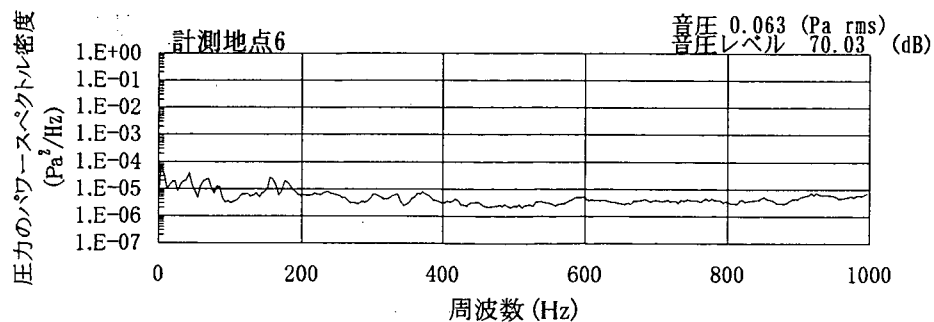
付図-2.2(6) 詳細検討時における圧力のパワースペクトル密度(CASE5-3)



貯水池水位=326.32m

流量 $Q=102.44 \text{ m}^3/\text{s}$

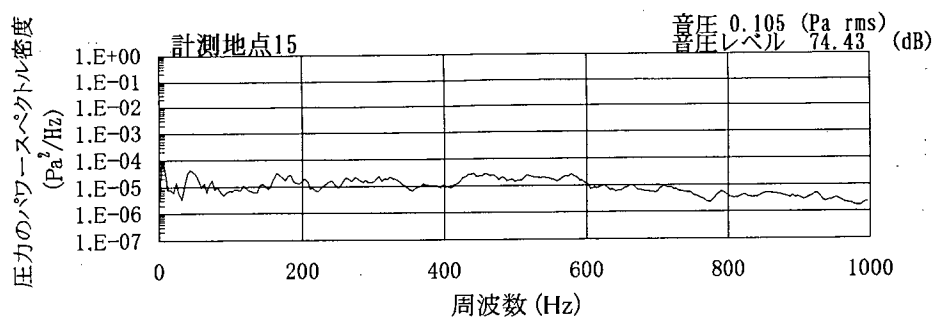
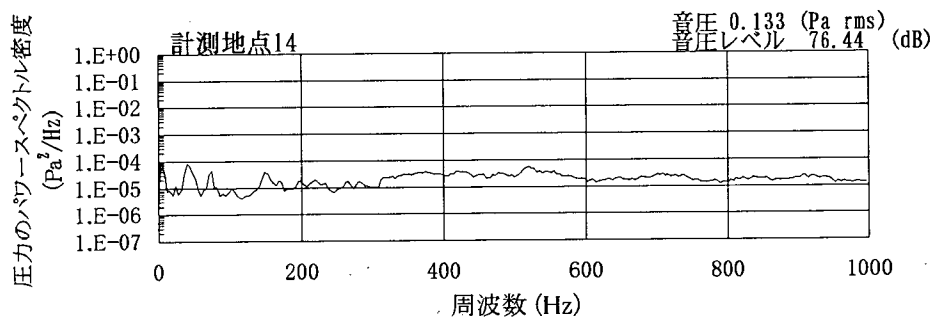
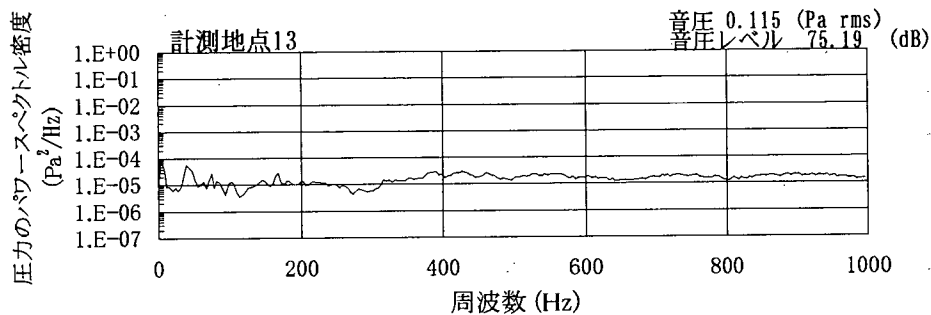
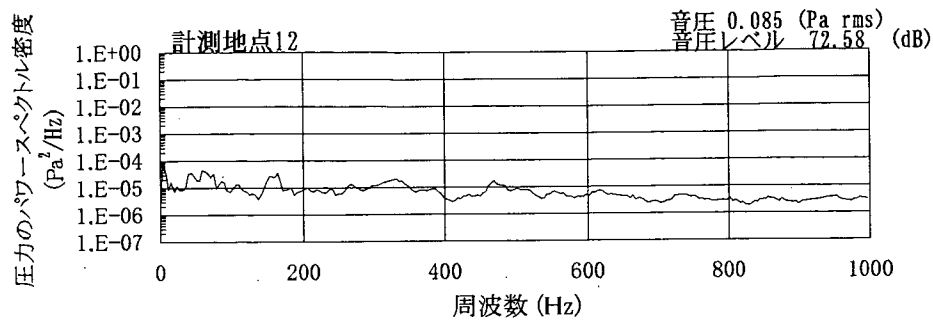
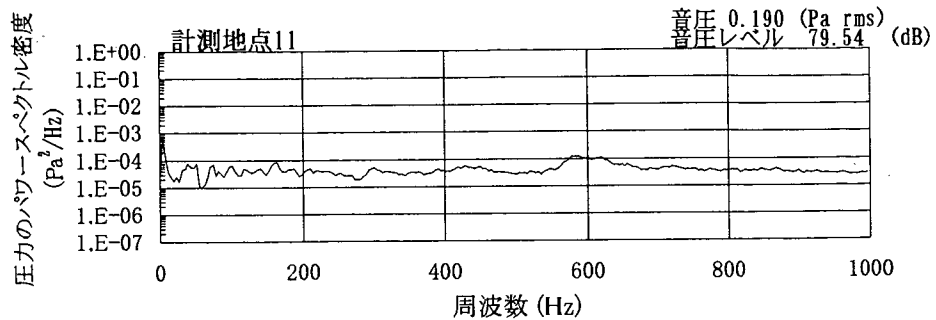
付図-3.1(1) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点1~5〕



貯水池水位=326.32m

流量 Q=102.44 m³/s

付図-3.1(2) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=100m³/s)[測点6~10]

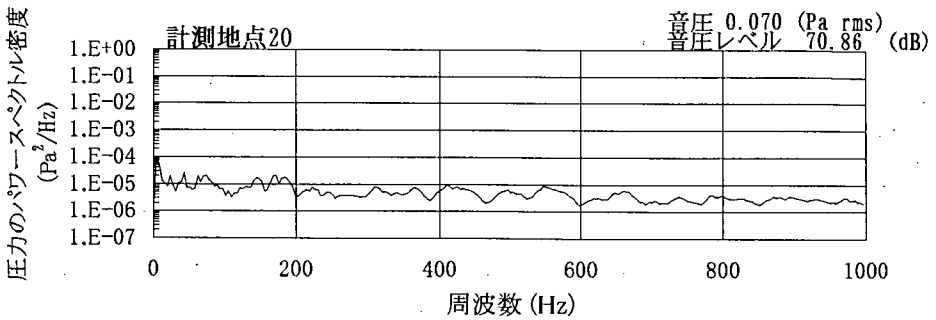
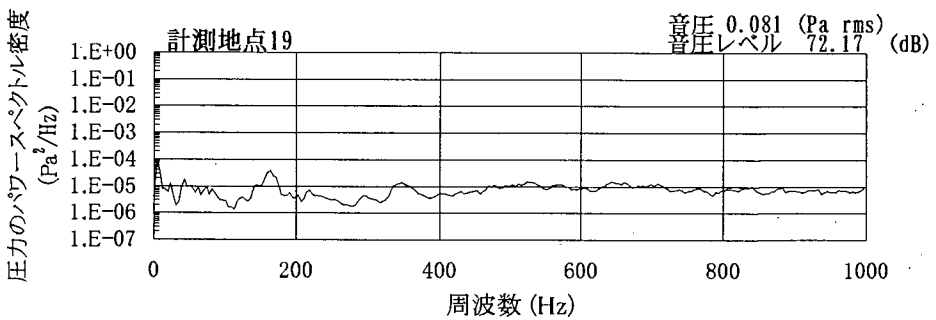
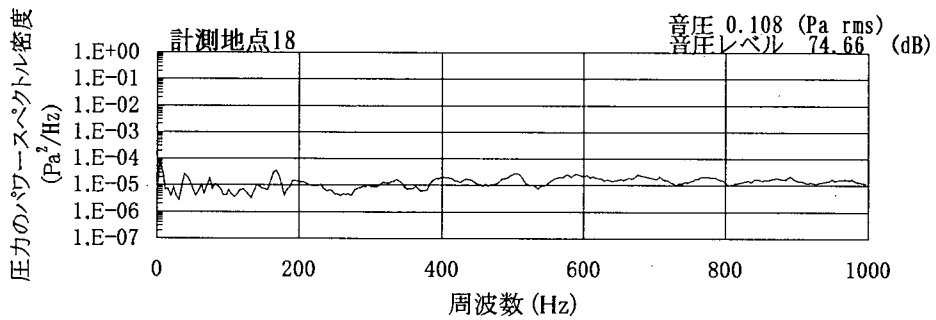
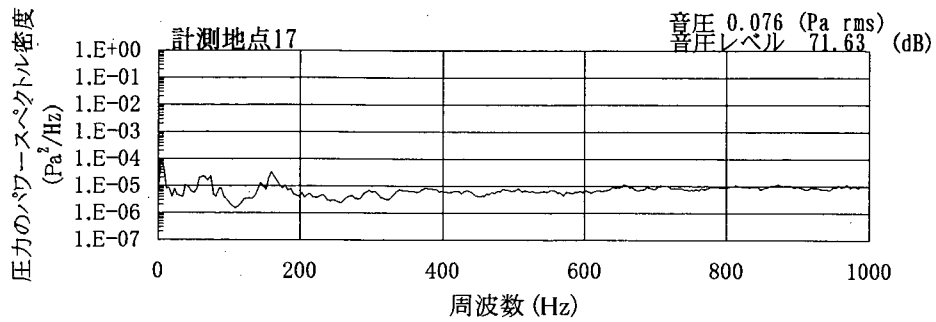
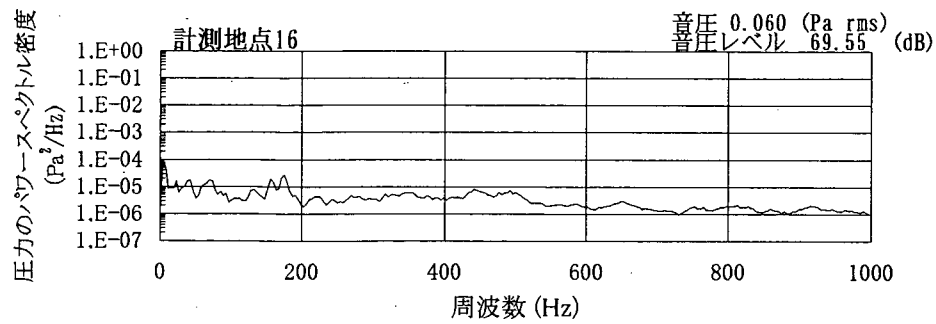


貯水池水位=326.32m

流量 $Q=102.44$

m^3/s

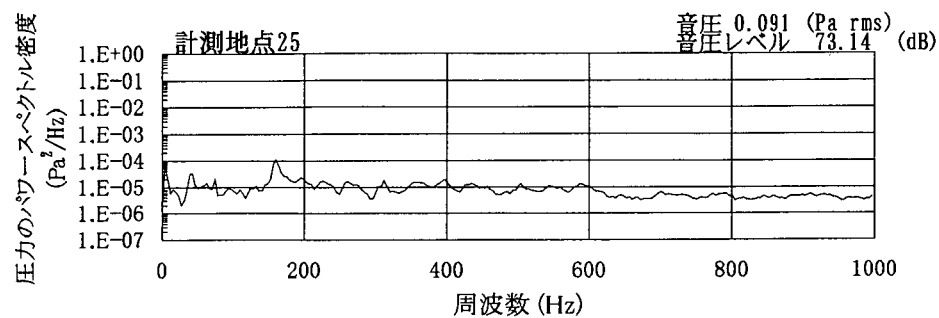
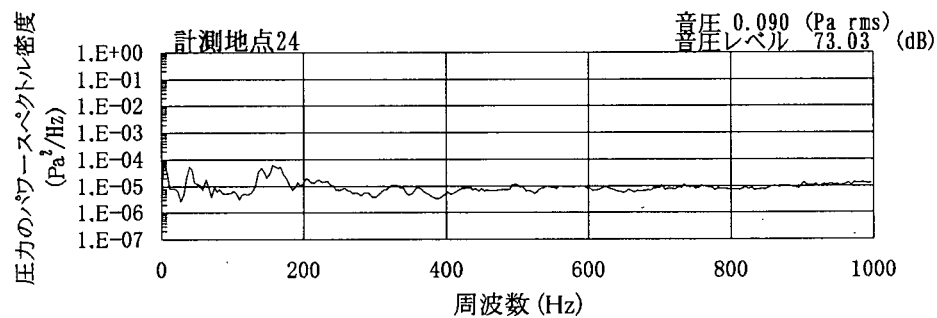
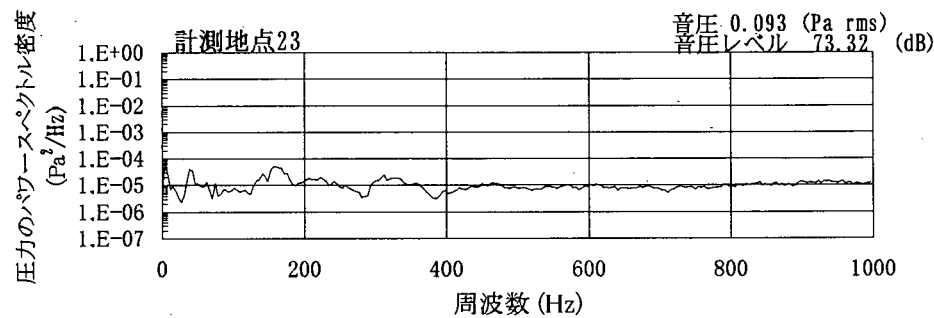
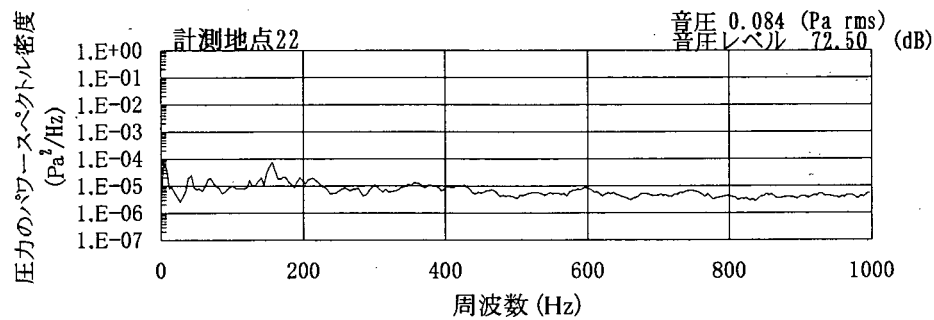
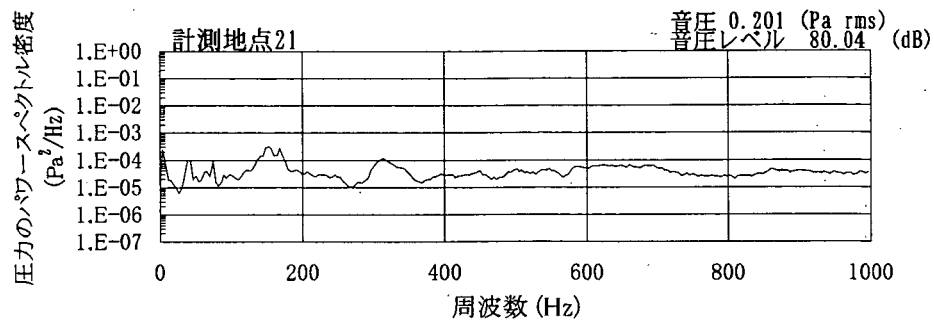
付図-3.1(3) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=100\text{m}^3/\text{s}$)〔測点11～15〕



貯水池水位=326.32m

流量 Q=102.44 m³/s

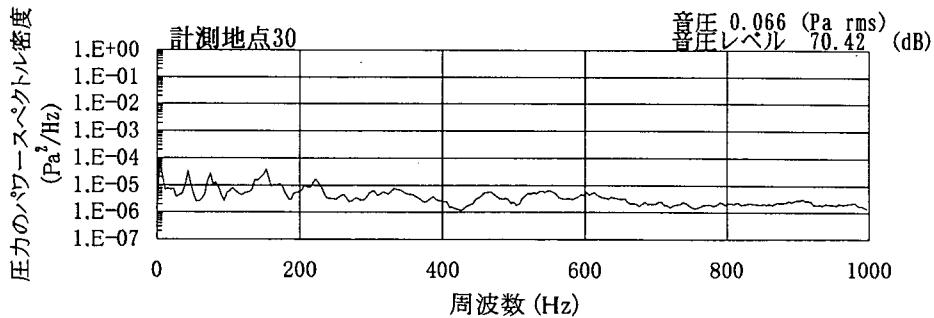
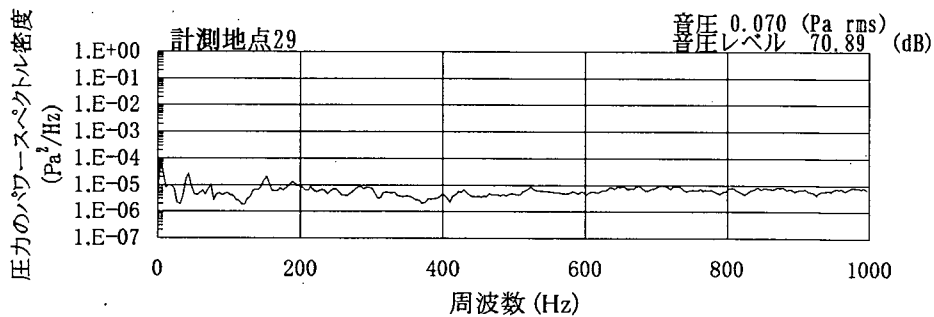
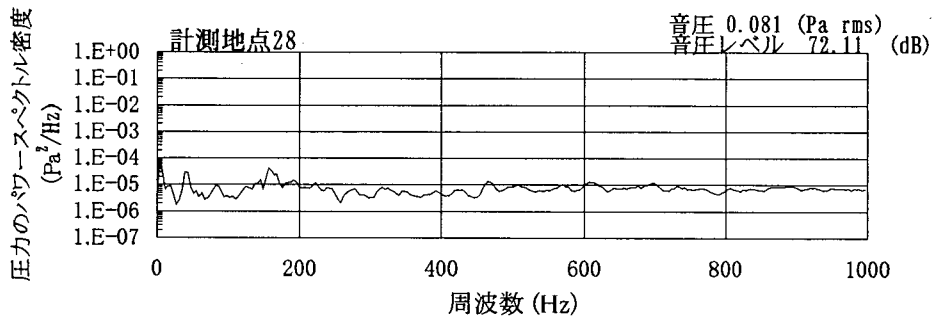
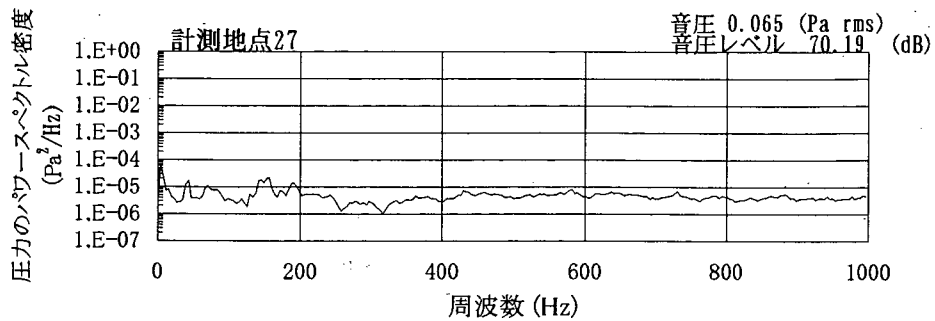
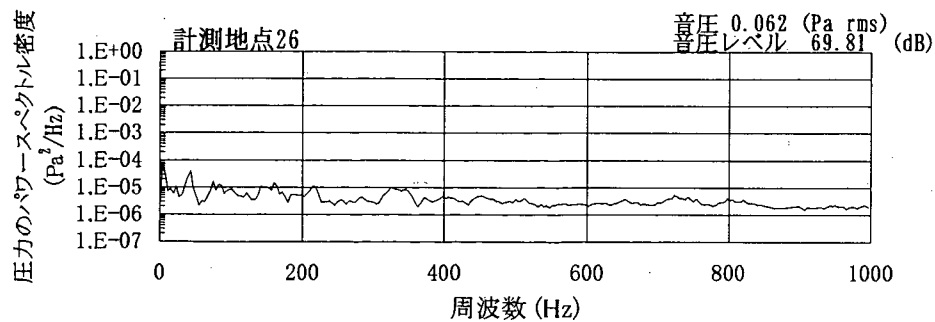
付図-3.1(4) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=100m³/s)[測点16~20]



貯水池水位=326.32m

流量 Q=102.44 m³/s

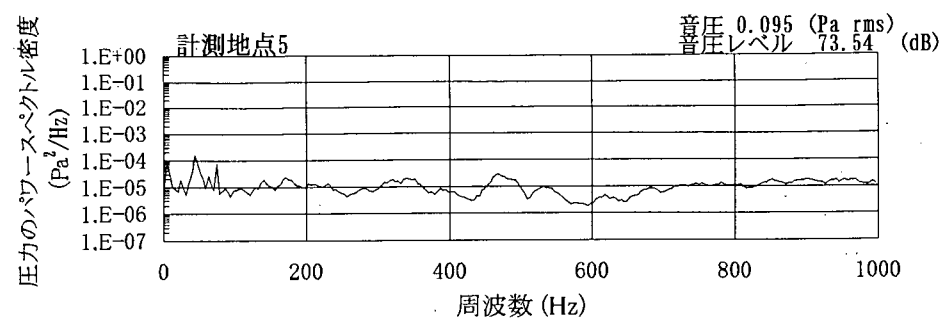
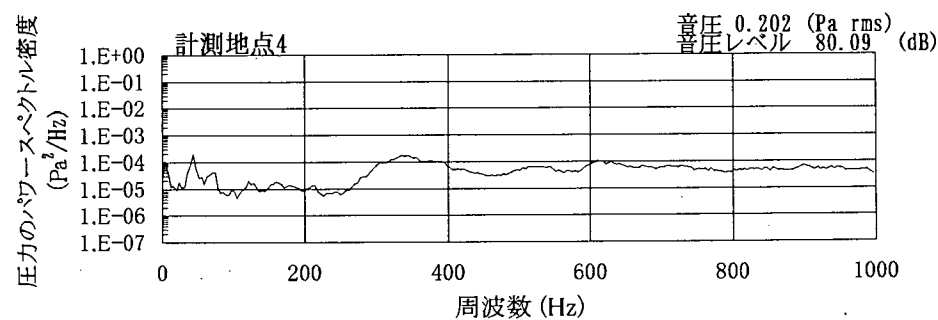
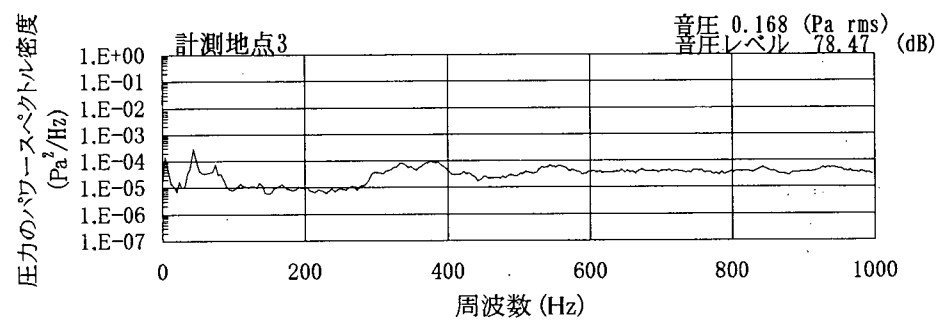
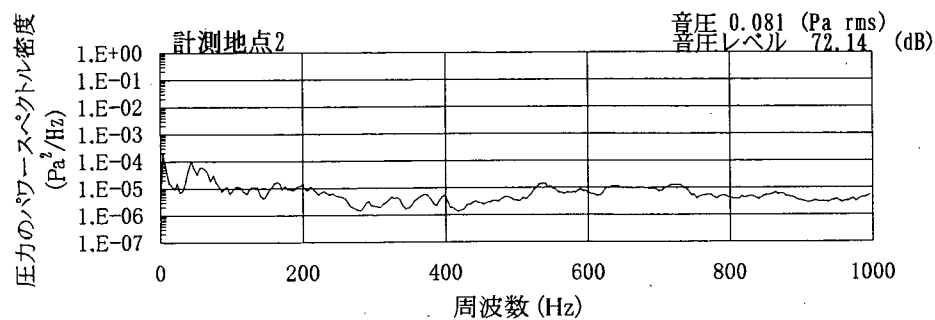
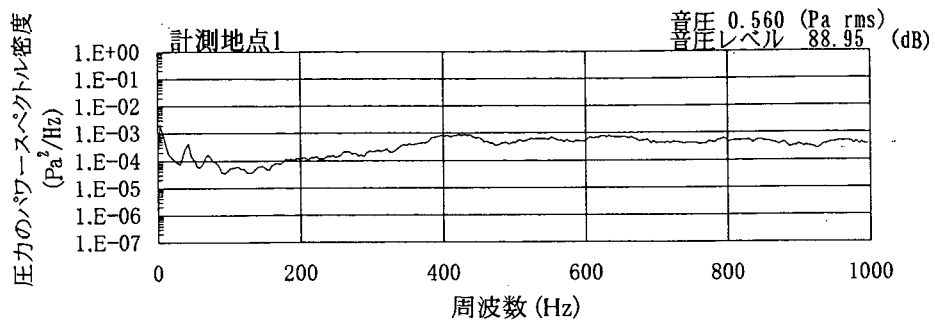
付図-3.1(5) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=100m³/s)〔測点21～25〕



貯水池水位=326.32m

流量 Q=102.44 m³/s

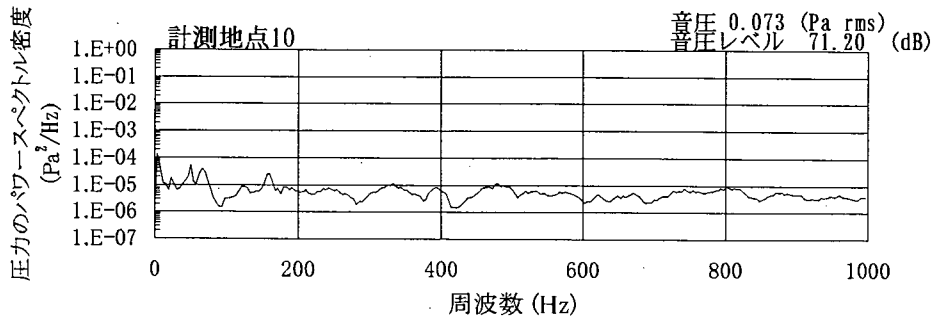
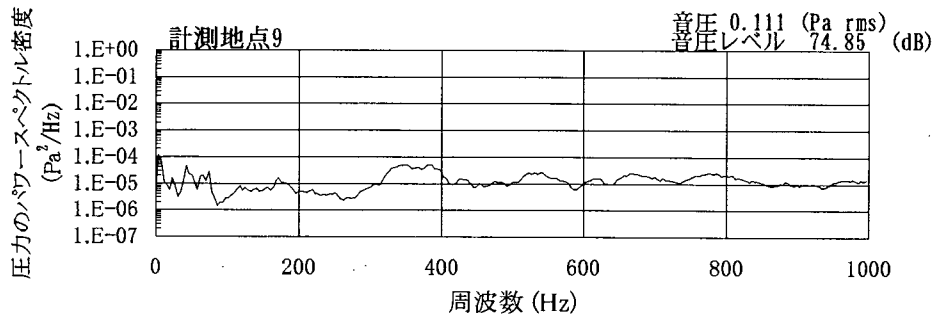
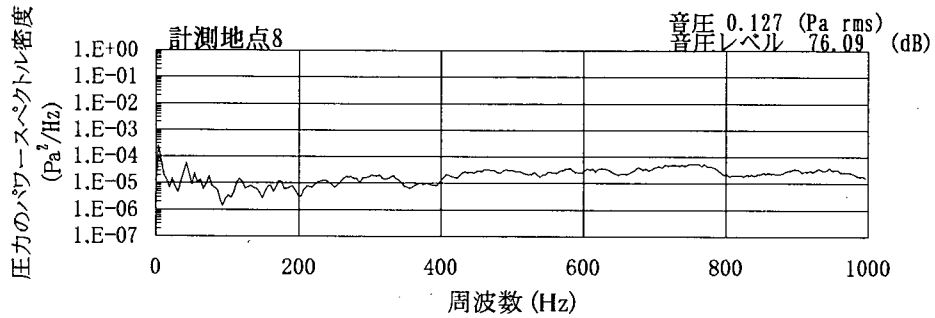
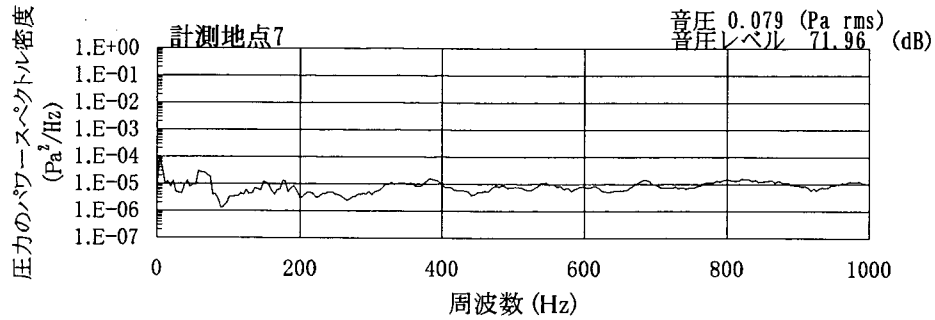
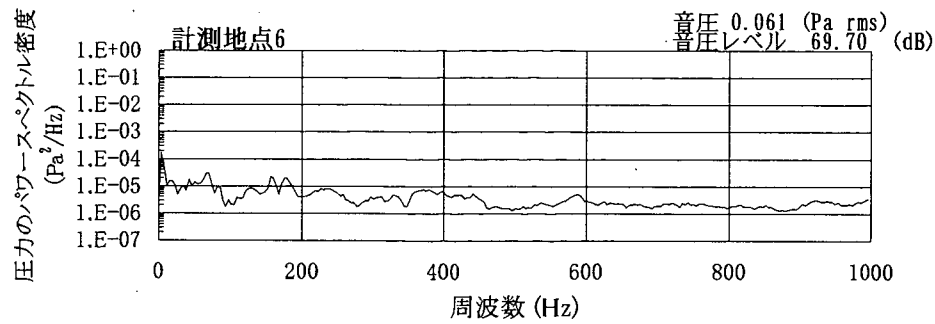
付図-3.1(6) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=100m³/s)[測点26~30]



貯水池水位=325.54m

流量 $Q=82.13 \text{ m}^3/\text{s}$

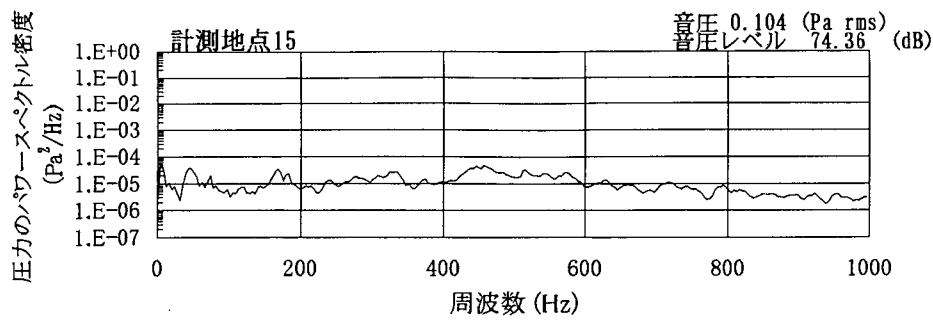
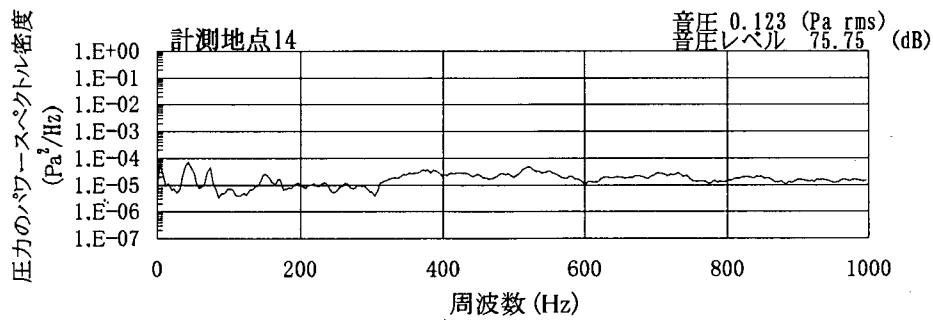
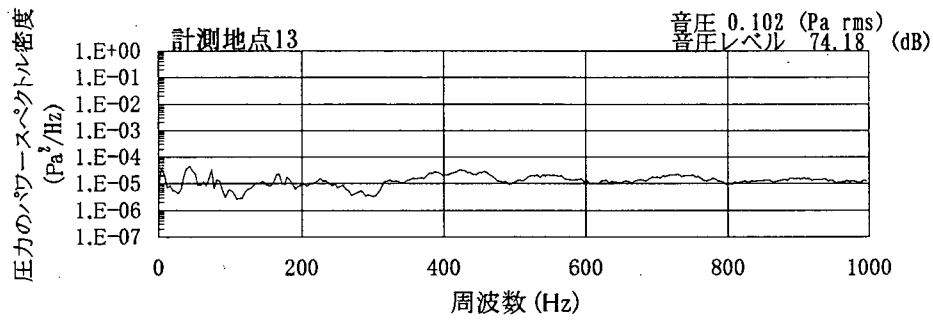
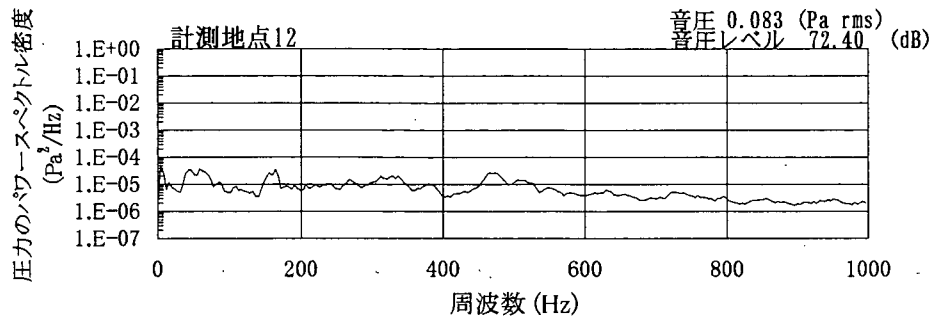
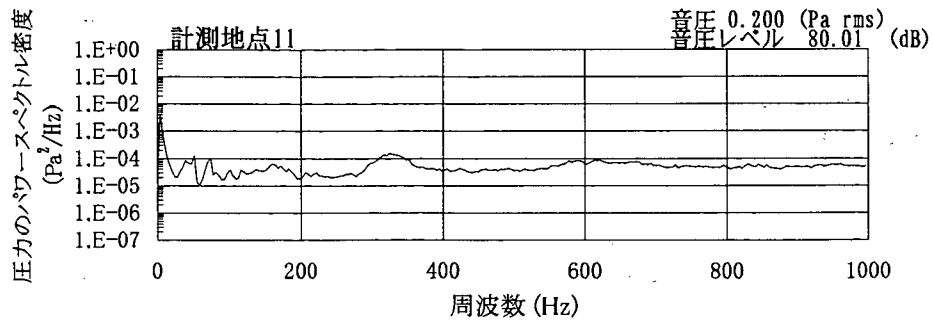
付図-3.2(1) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)〔測点1~5〕



貯水池水位=325.54m

流量 Q=82.13 m³/s

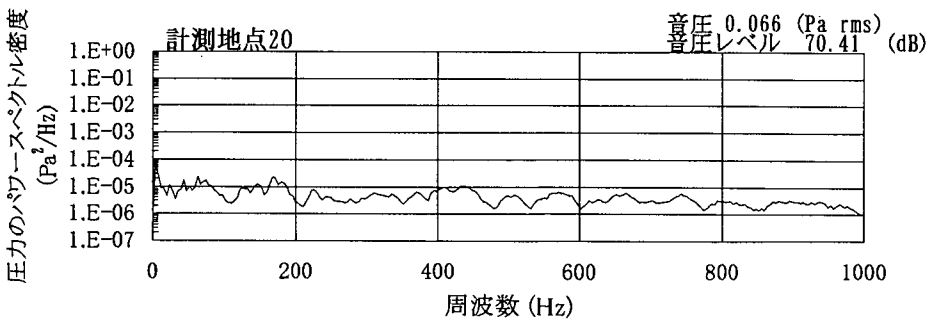
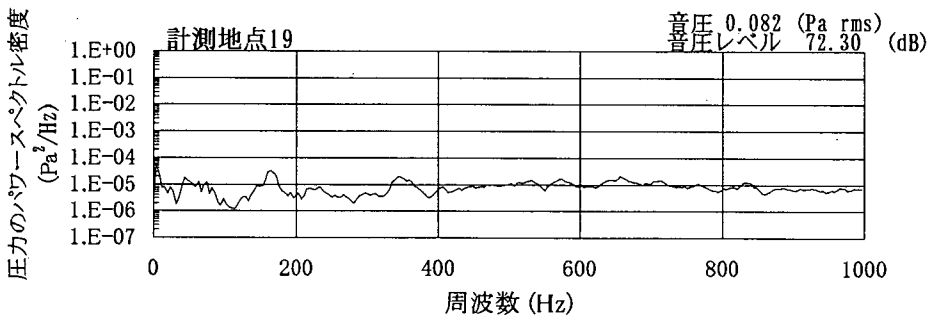
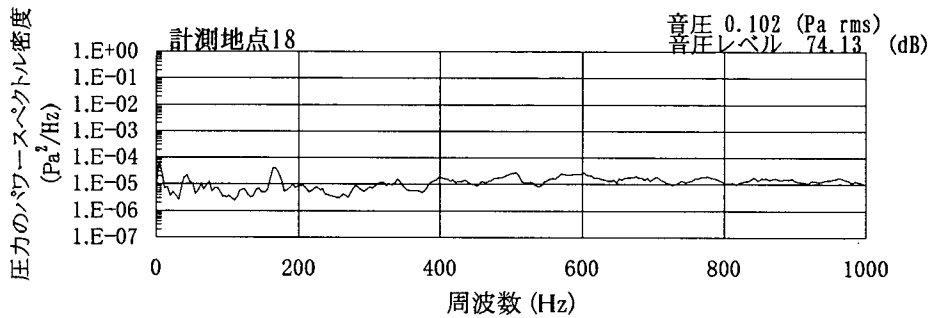
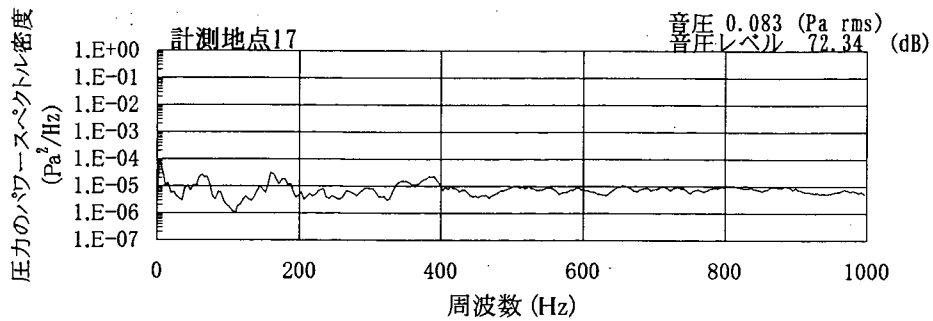
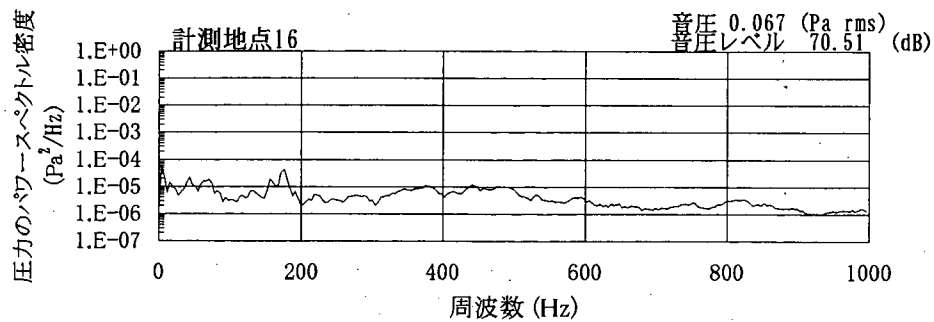
付図-3.2(2) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=80m³/s)[測点6~10]



貯水池水位=325.54m

流量 Q=82.13 m³/s

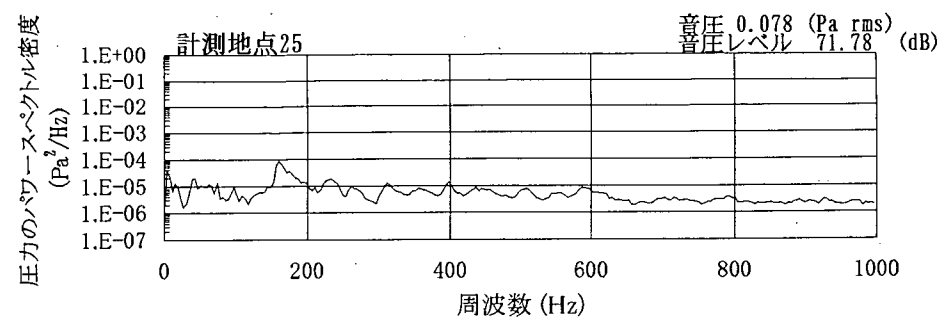
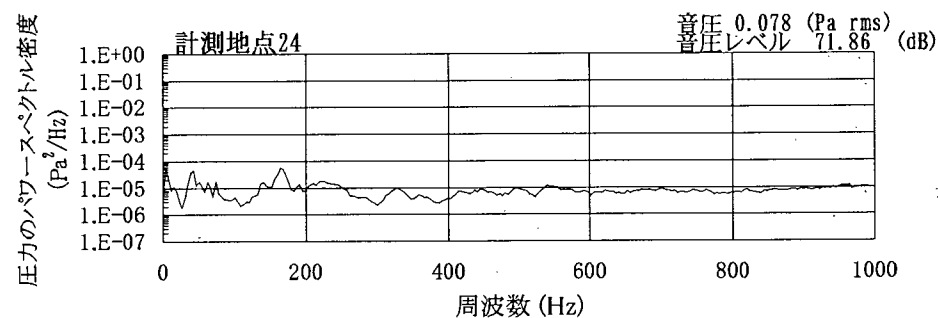
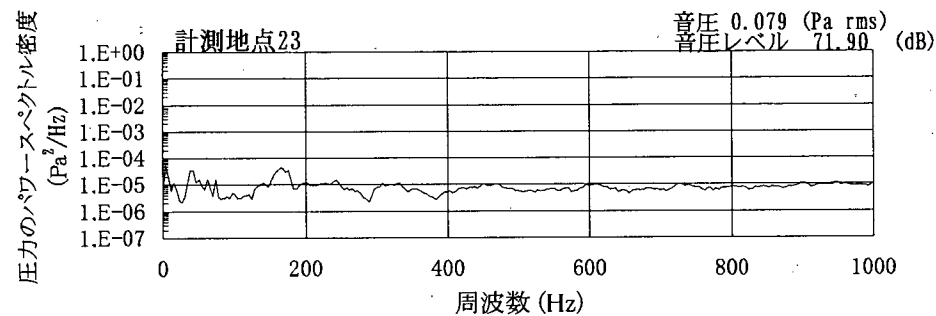
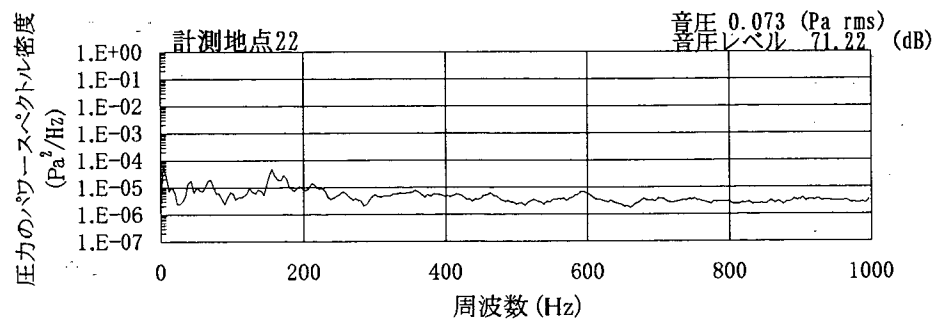
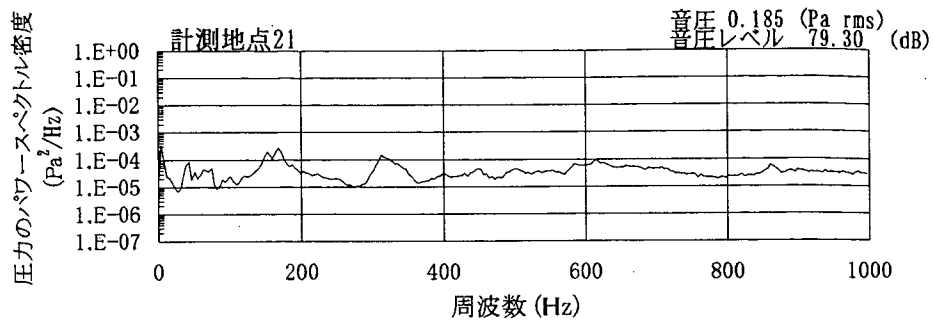
付図-3.2(3) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=80m³/s)〔測点11～15〕



貯水池水位=325.54m

流量 Q=82.13 m³/s

付図-3.2(4) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=80m³/s)[測点16~20]

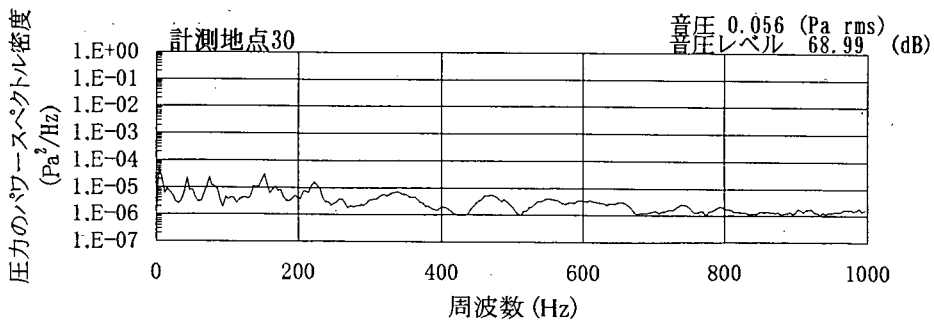
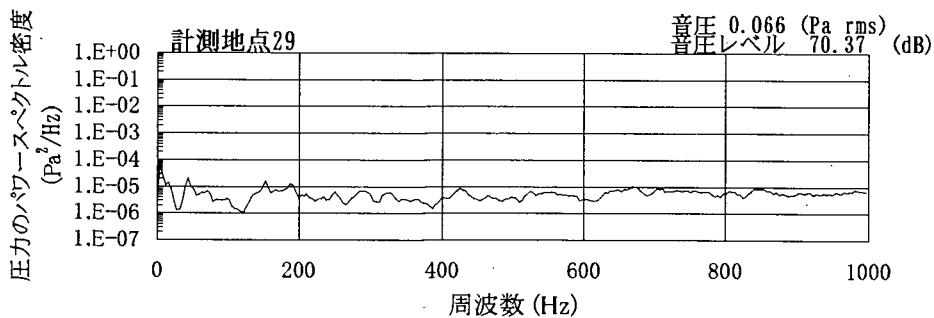
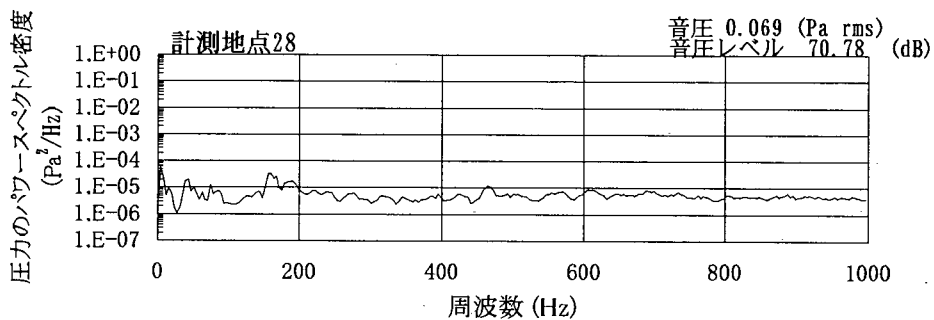
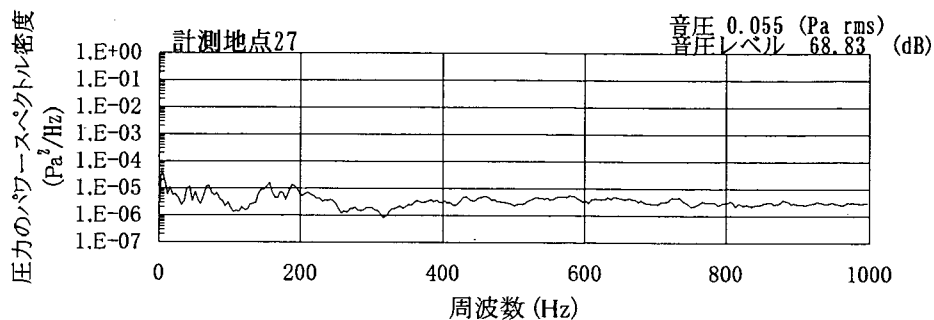
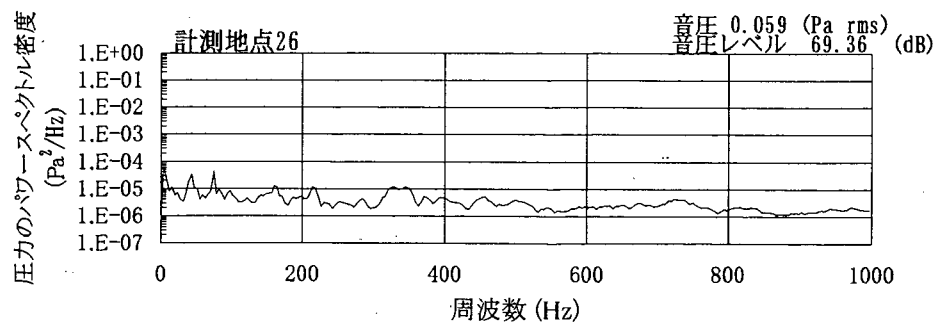


貯水池水位=325.54m

流量 Q=82.13

m³/s

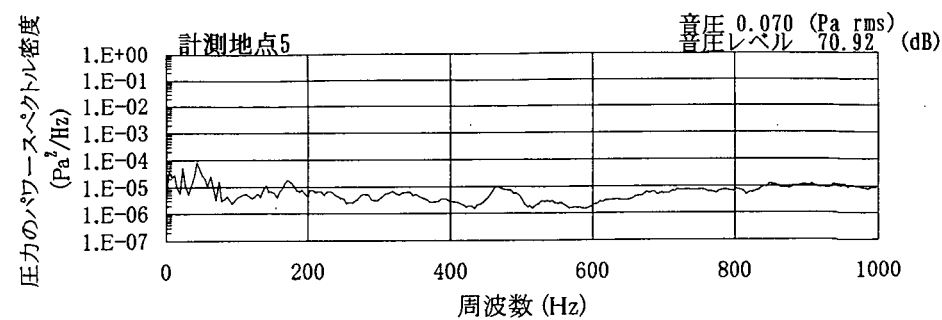
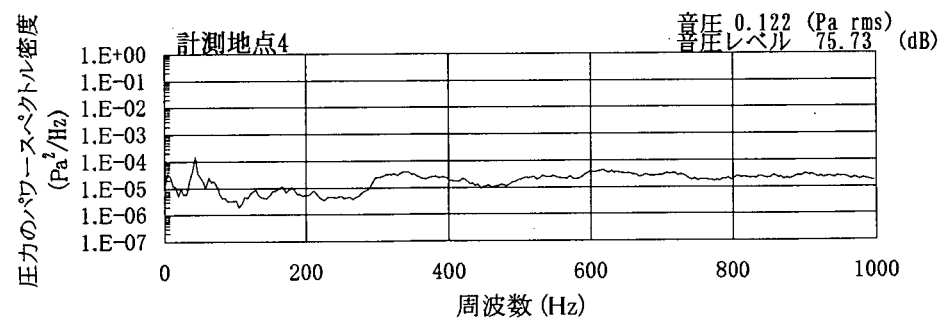
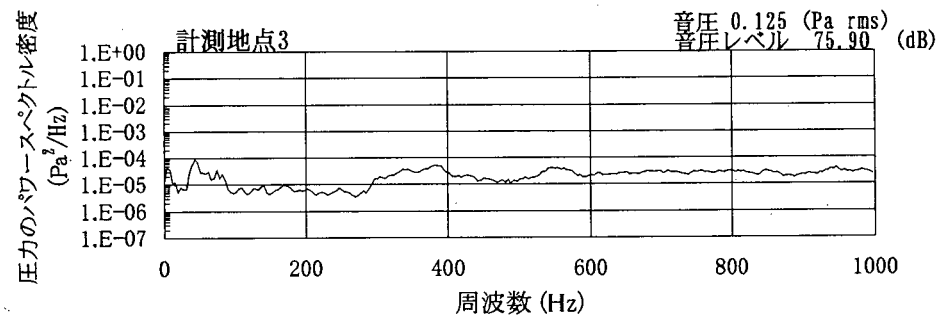
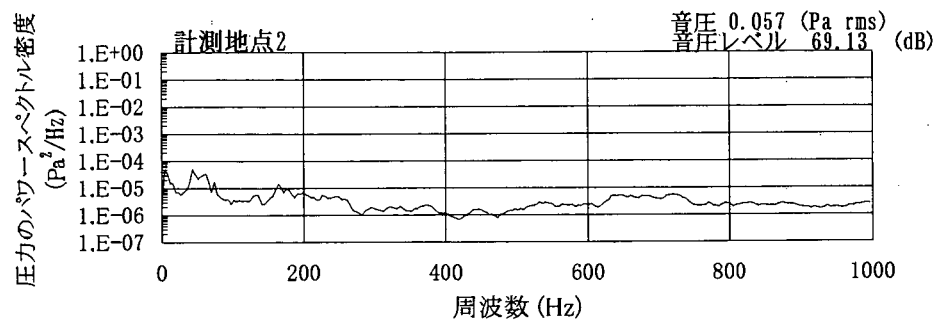
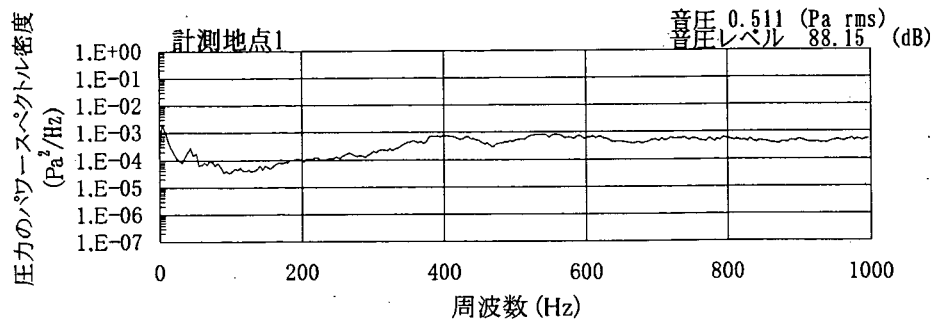
付図-3.2(5) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=80m³/s)〔測点21~25〕



貯水池水位=325.54m

流量 $Q=82.13 \text{ m}^3/\text{s}$

付図-3.2(6) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)[測点26~30]

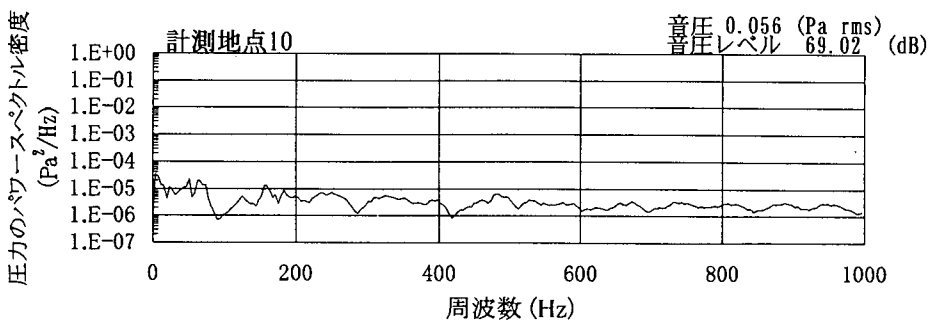
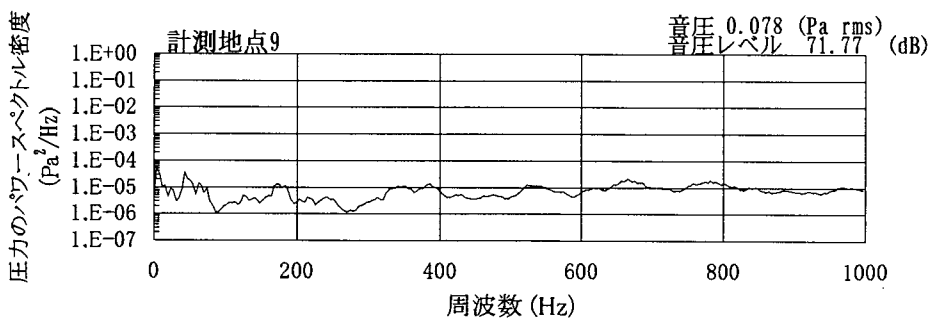
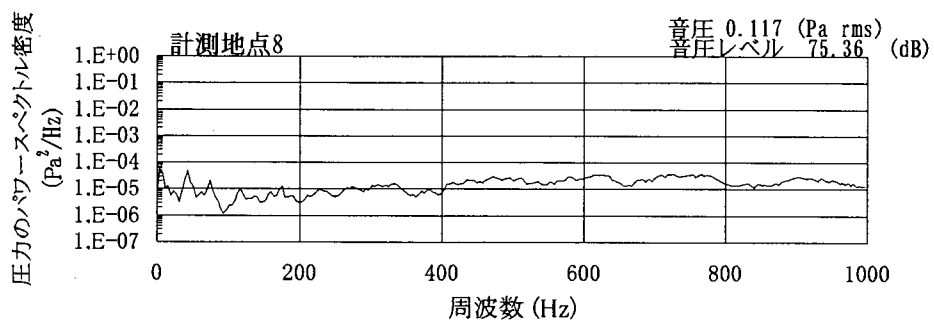
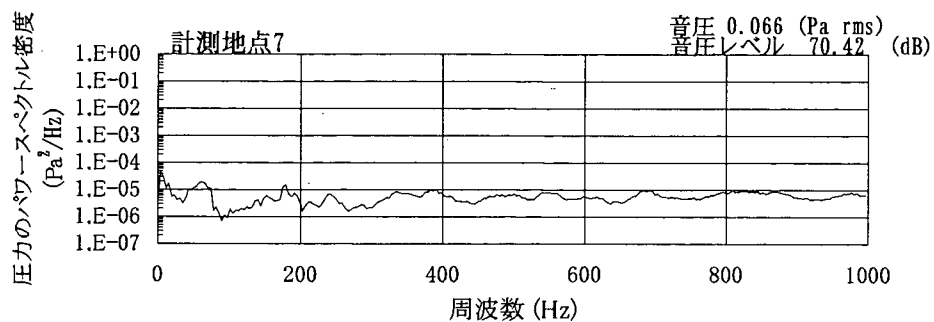
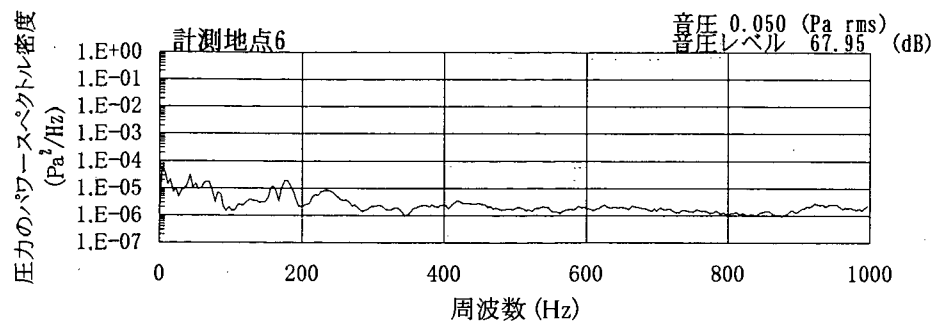


貯水池水位=325.77m

流量 Q=60.98

m³/s

付図-3.3(1) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=60m³/s)〔測点1~5〕

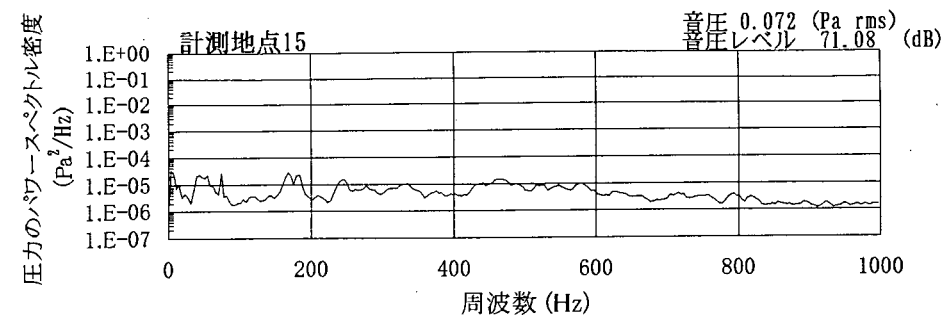
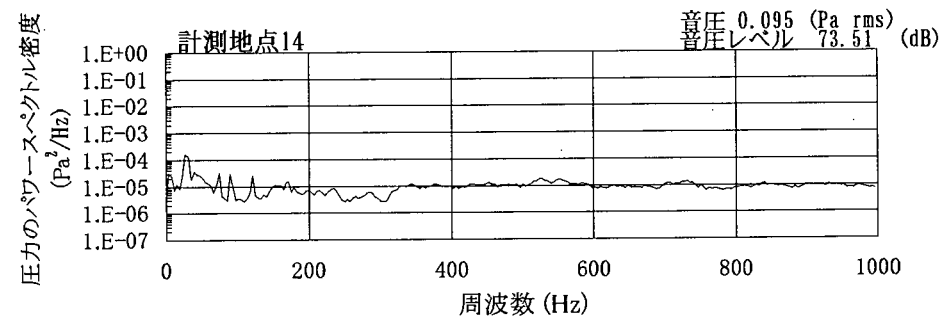
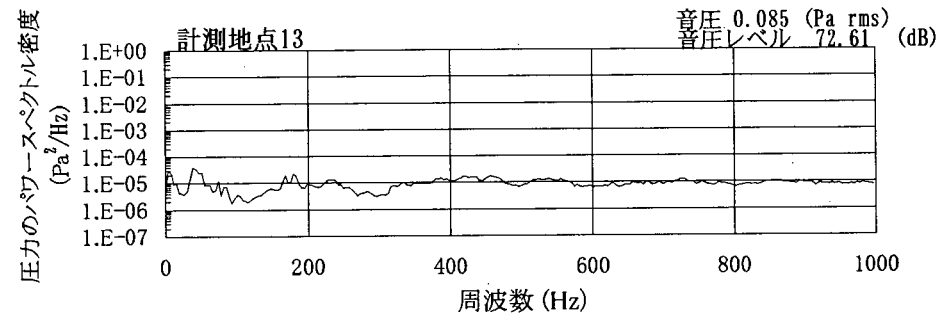
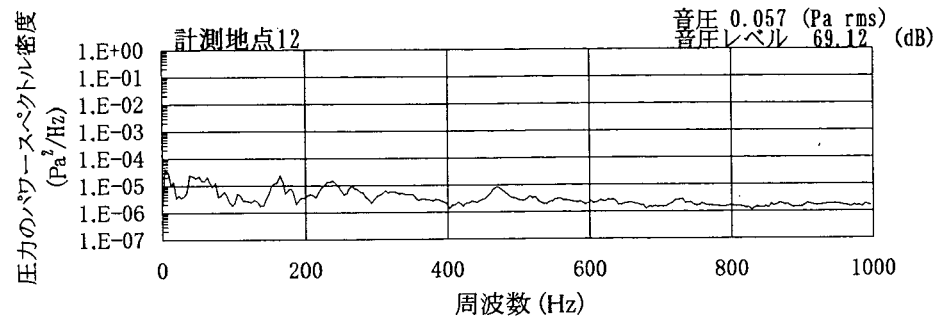
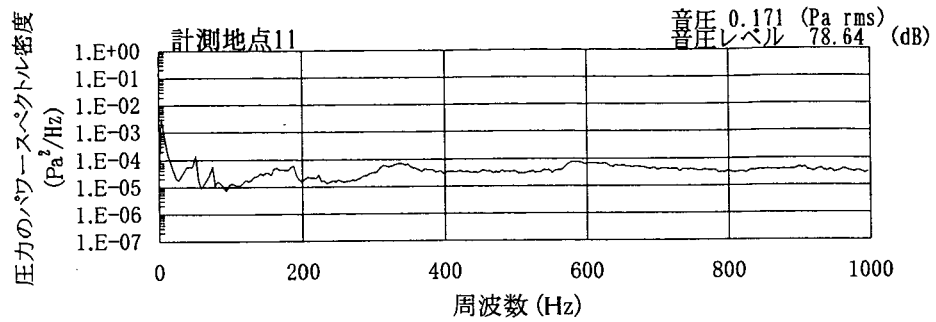


貯水池水位=325.77m

流量 Q=60.98

m³/s

付図-3.3(2) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=60m³/s)[測点6~10]

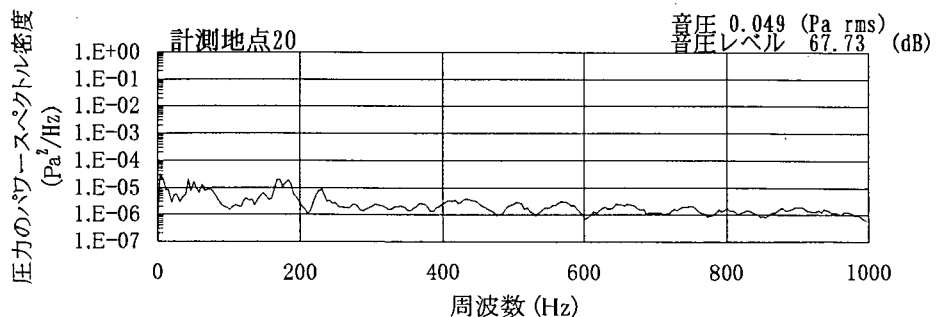
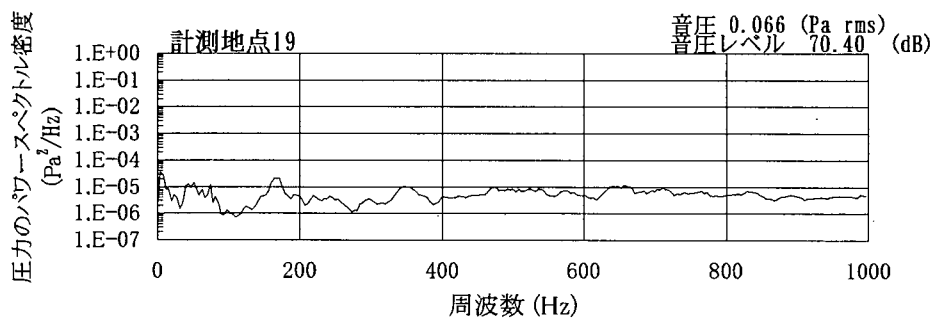
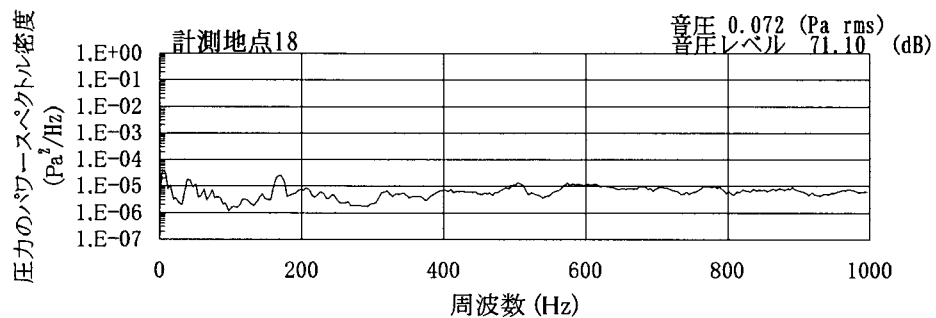
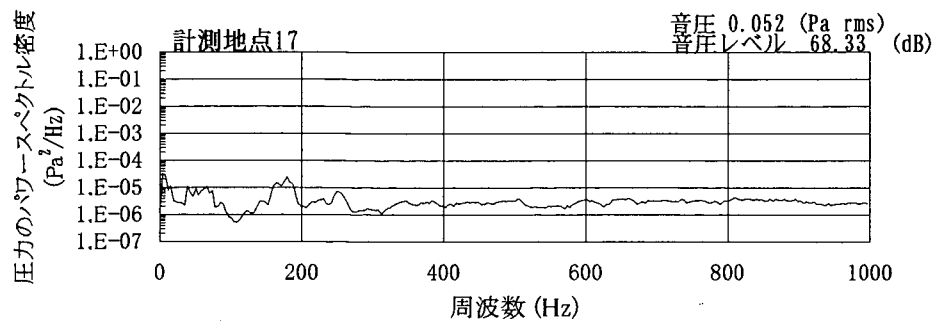
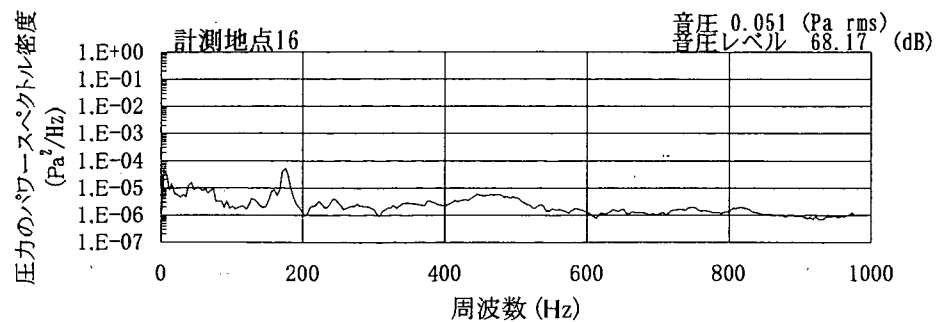


貯水池水位=325.77m

流量 Q=60.98

m³/s

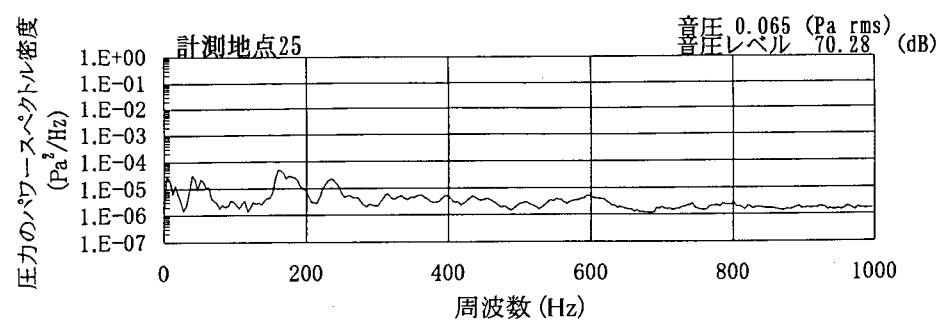
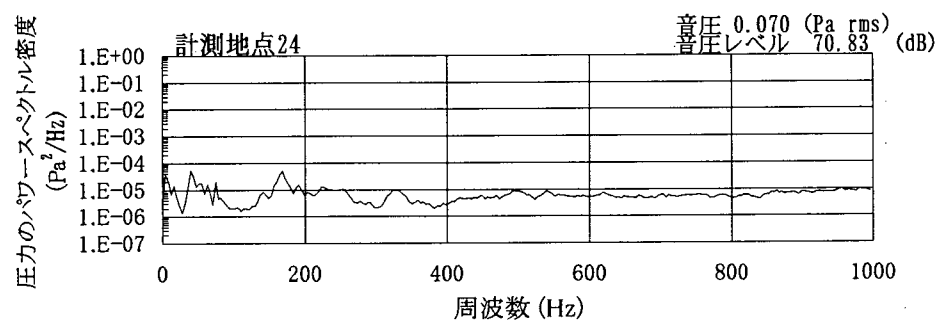
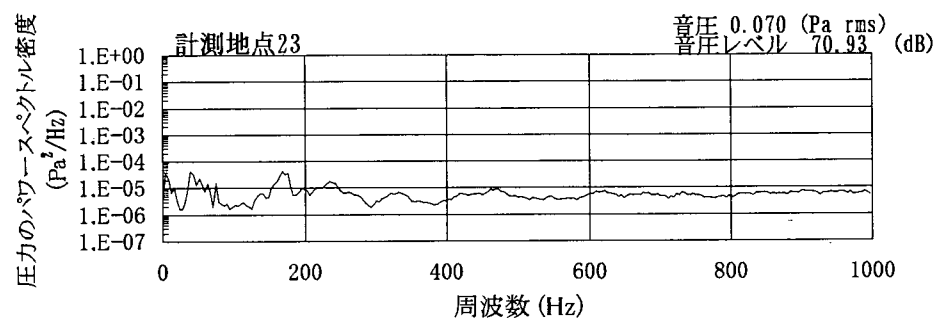
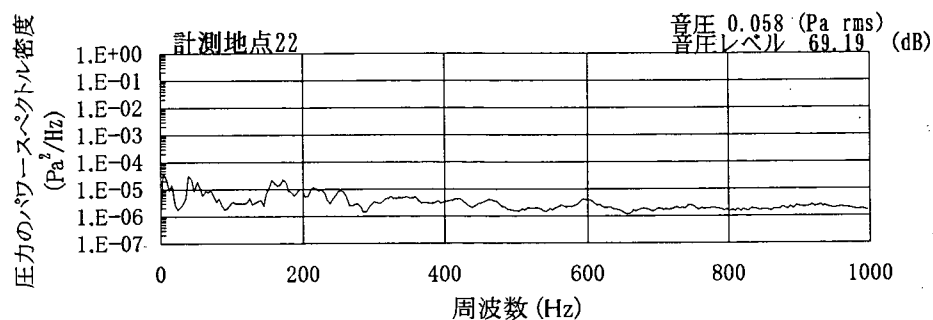
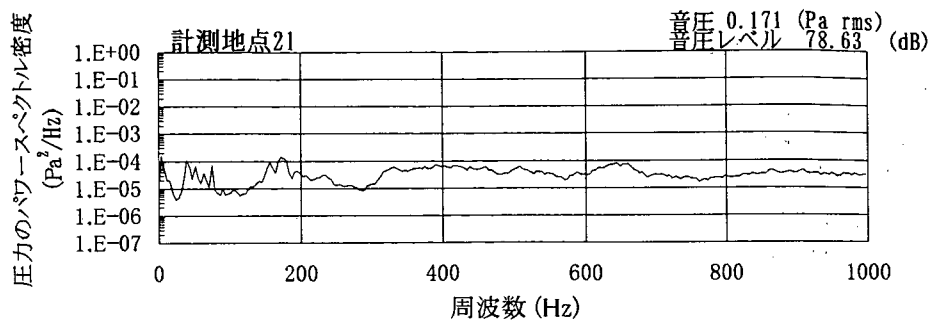
付図-3.3(3) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=60m³/s)[測点11~15]



貯水池水位=325.77m

流量 Q=60.98 m³/s

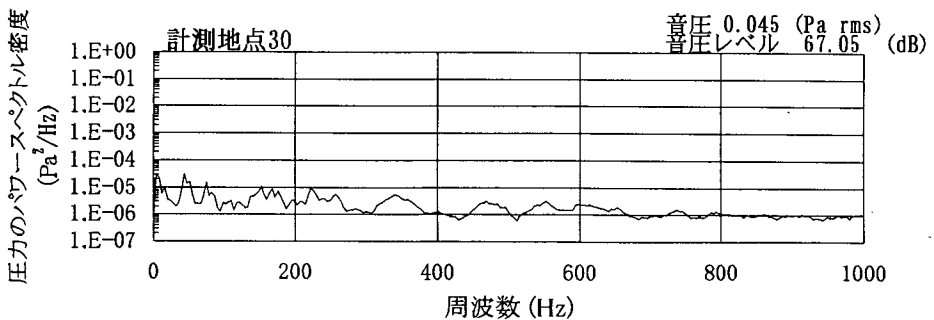
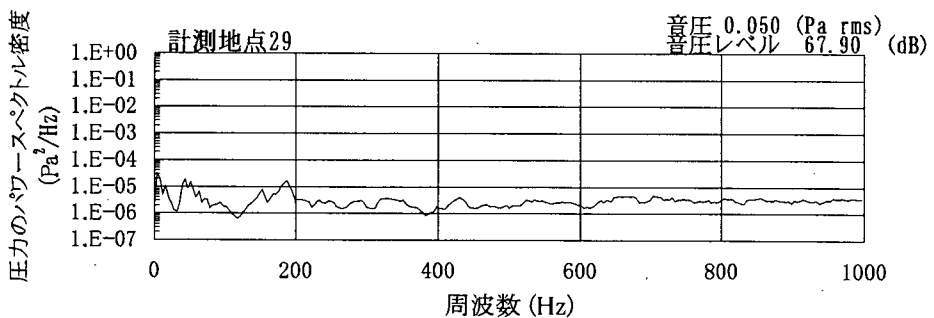
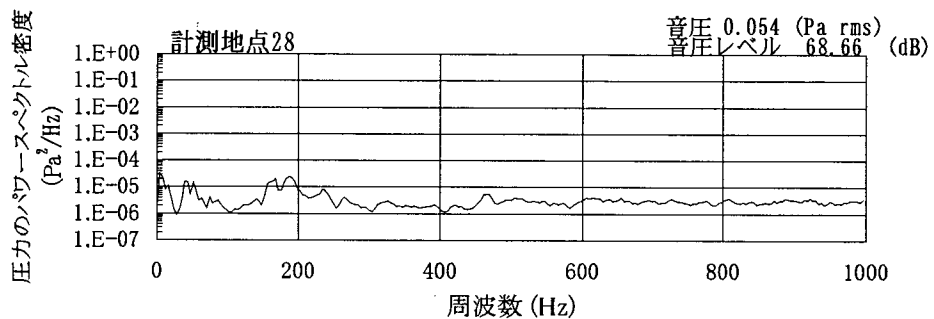
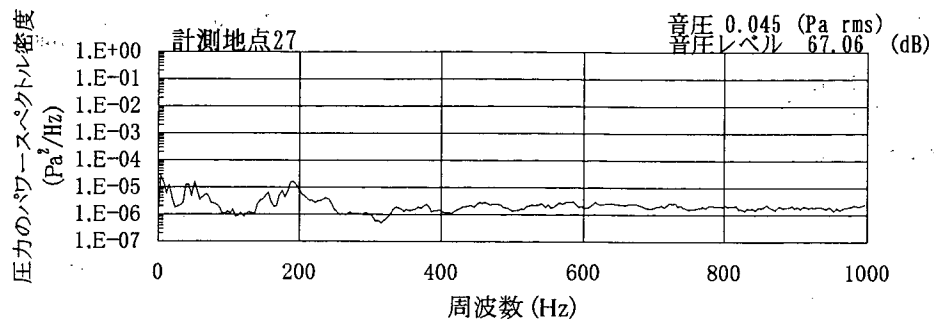
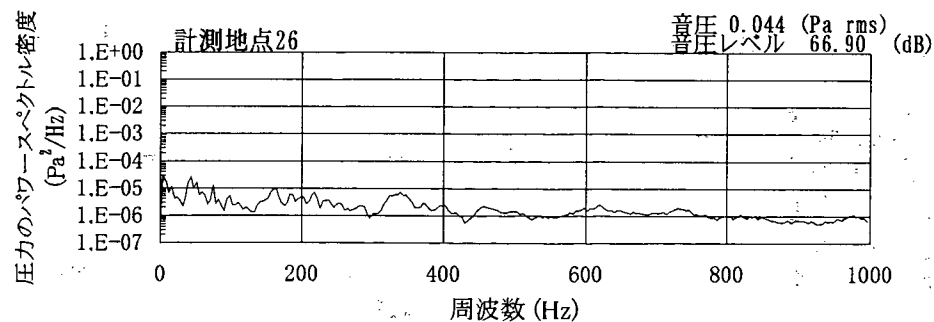
付図-3.3(4) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=60m³/s)〔測点16~20〕



貯水池水位=325.77m

流量 Q=60.98 m³/s

付図-3.3(5) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=60m³/s)〔測点21～25〕

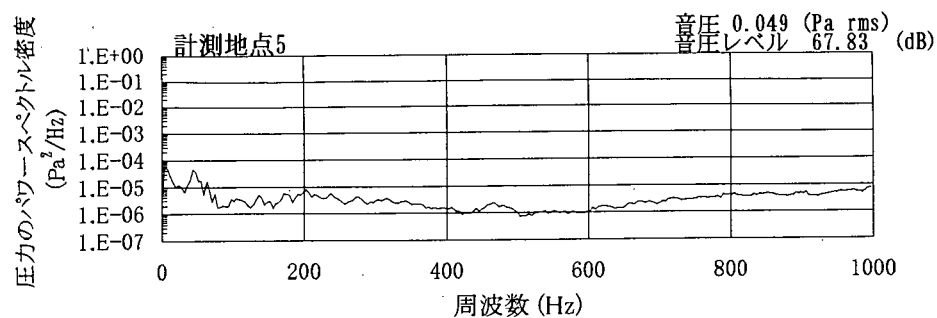
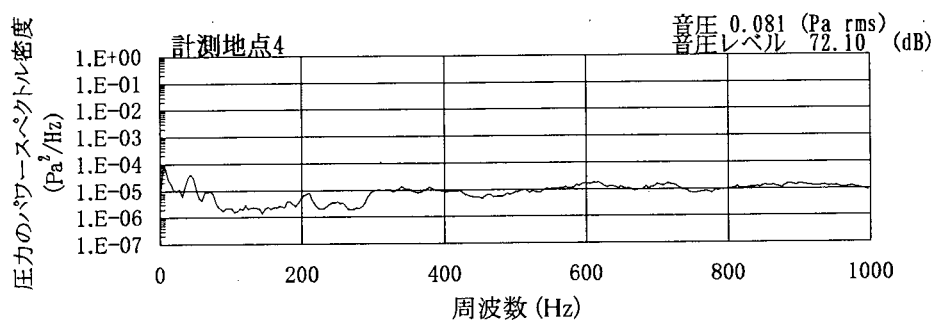
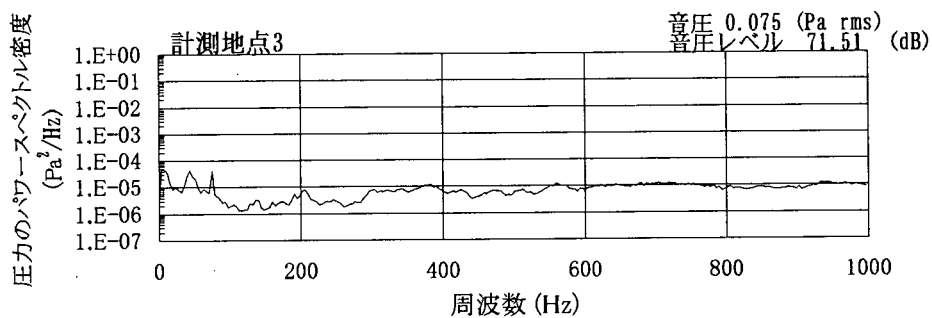
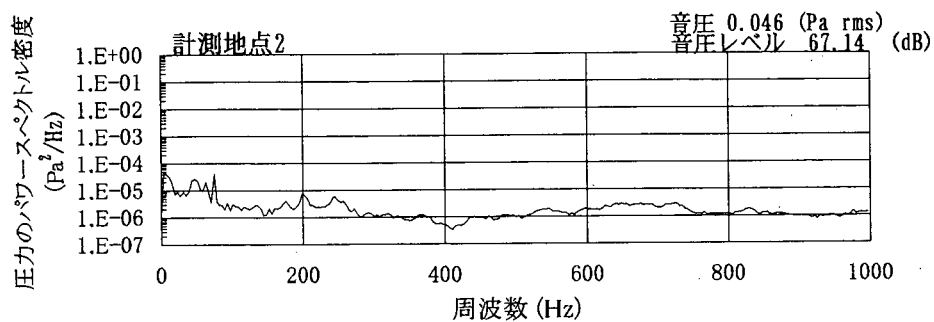
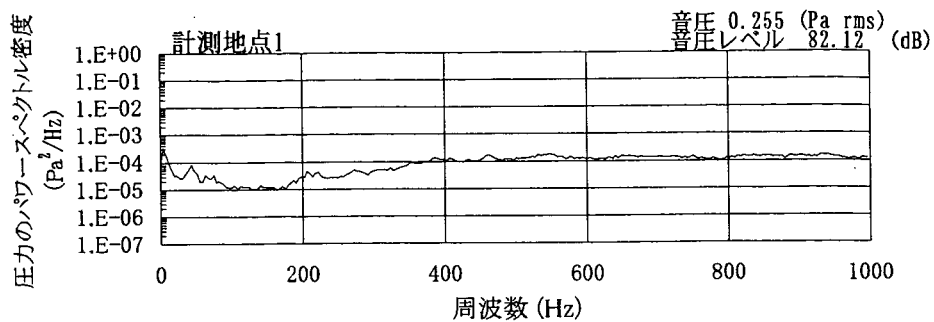


貯水池水位=325.77m

流量 Q=60.98

m³/s

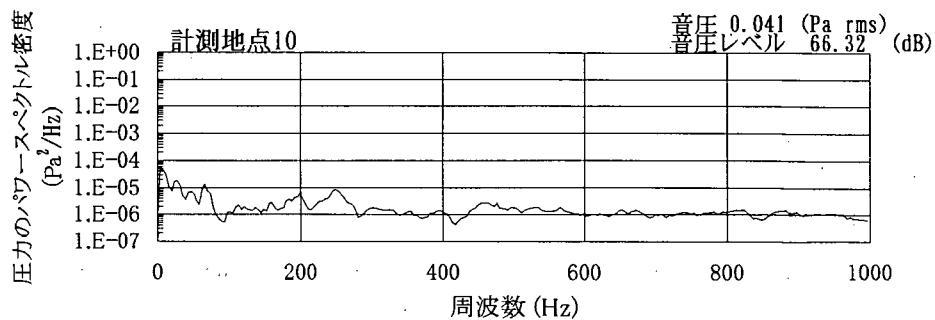
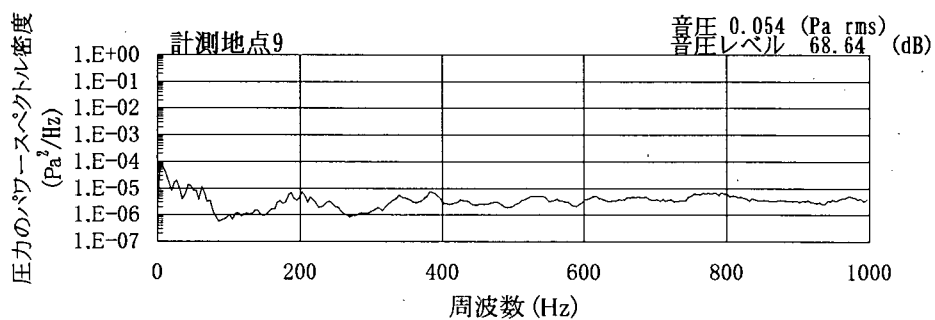
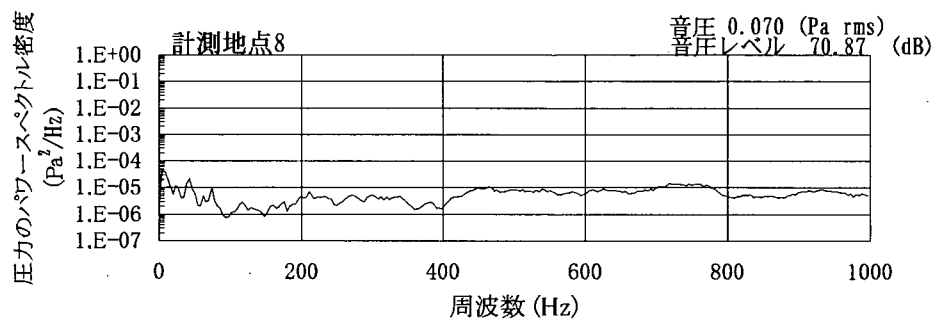
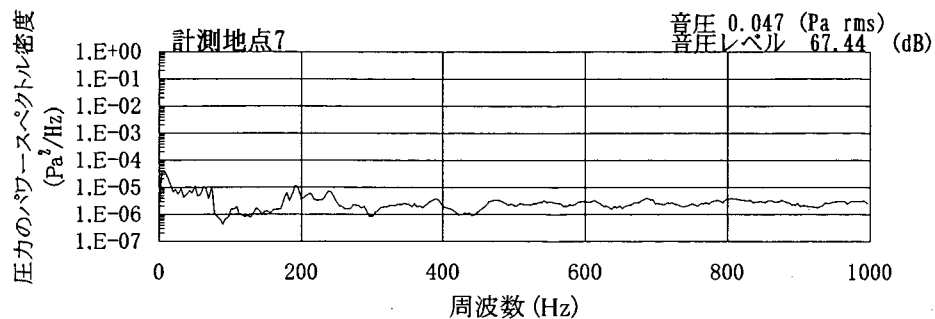
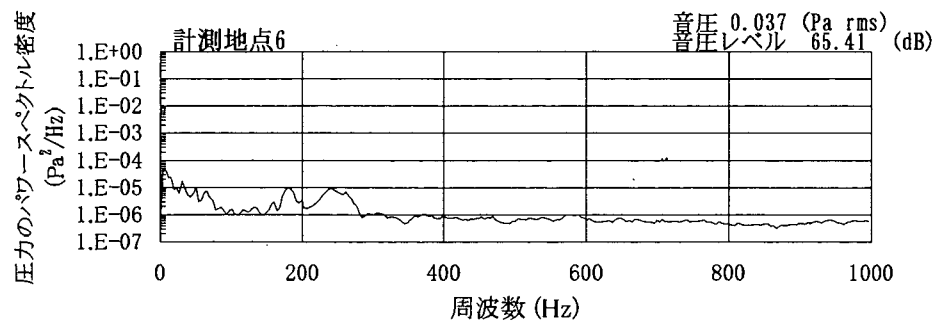
付図-3.3(6) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=60m³/s)[測点26~30]



貯水池水位=325.62m

流量 $Q=40.78 \text{ m}^3/\text{s}$

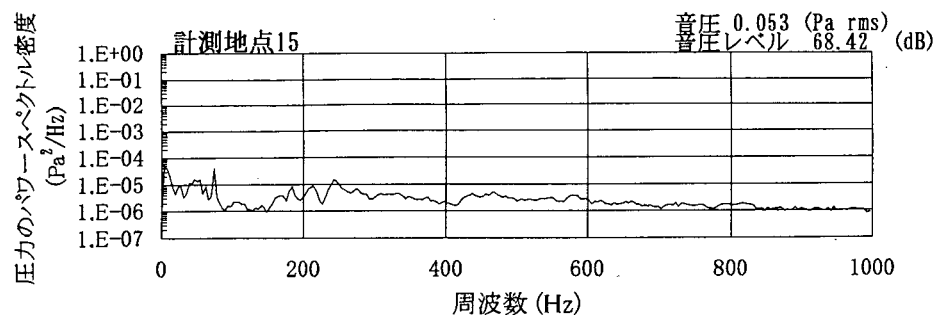
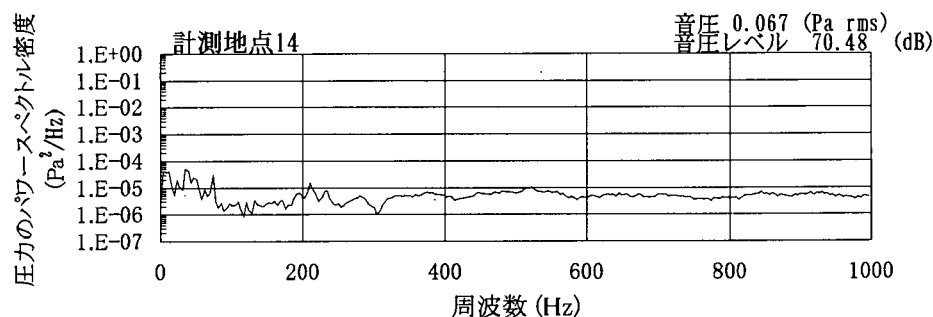
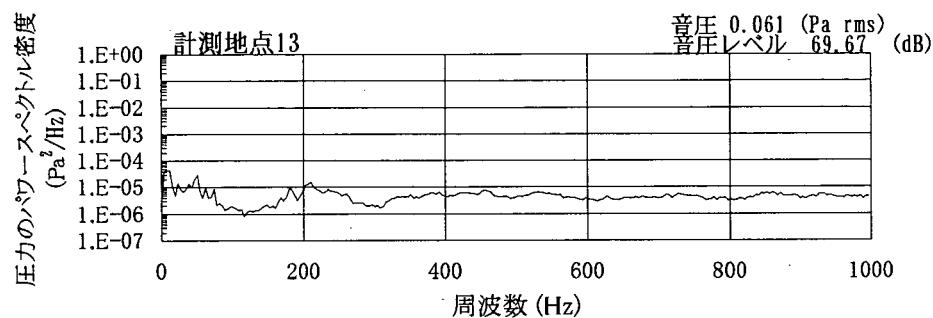
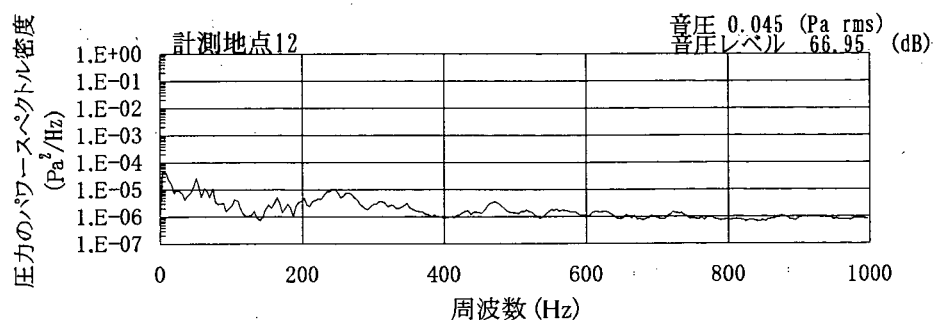
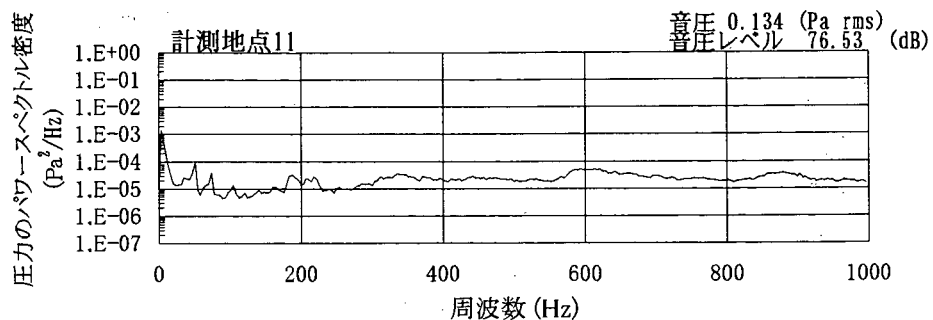
付図-3.4(1) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点1～5〕



貯水池水位=325.62m

流量 Q=40.78 m³/s

付図-3.4(2) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=40m³/s)〔測点6～10〕

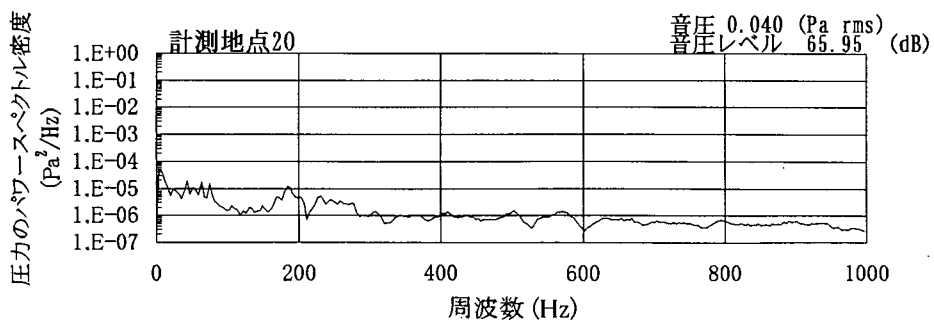
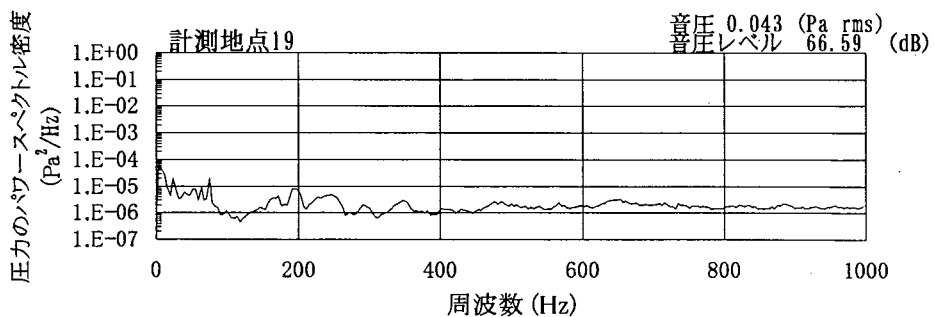
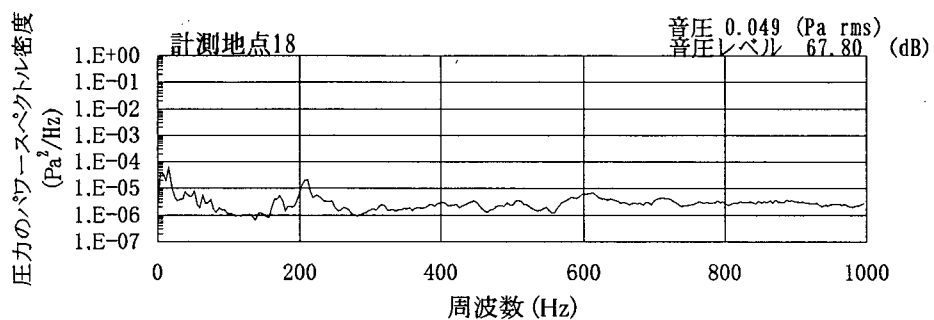
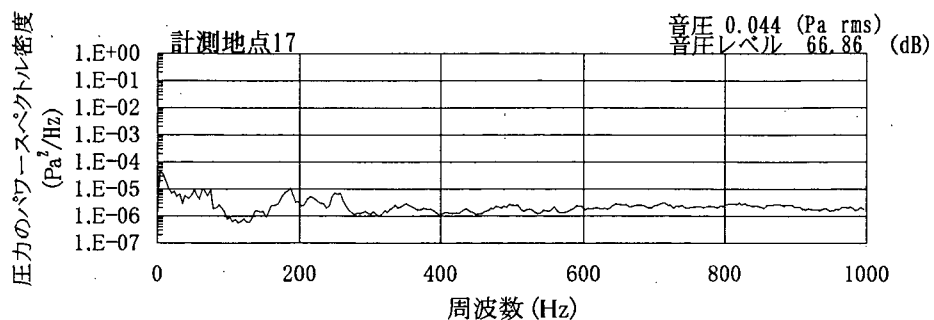
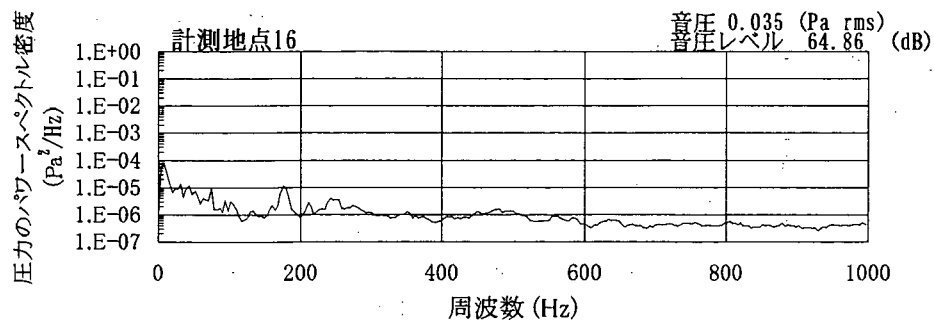


貯水池水位=325.62m

流量 $Q=40.78$

m^3/s

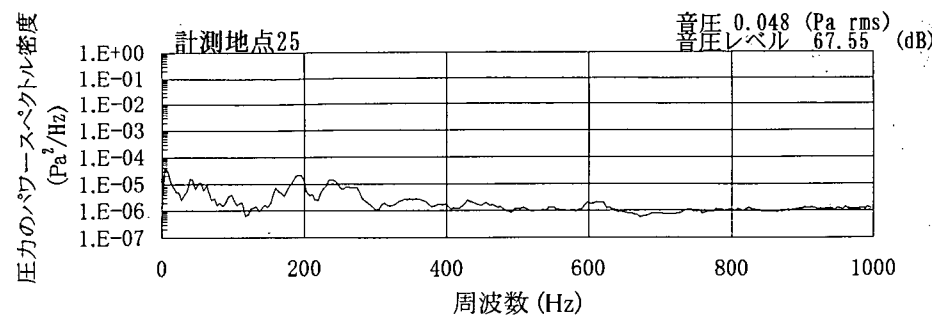
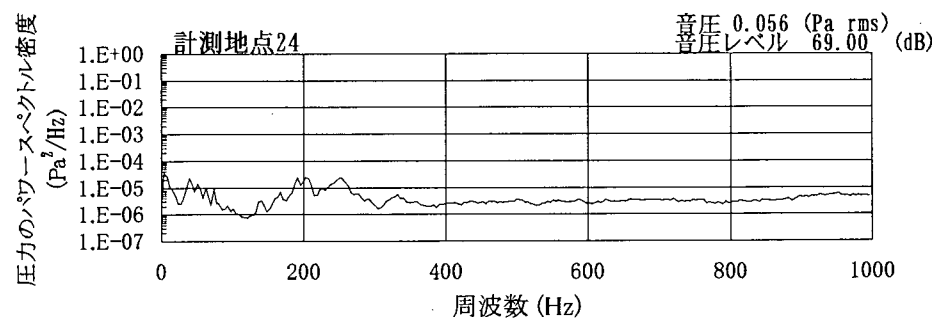
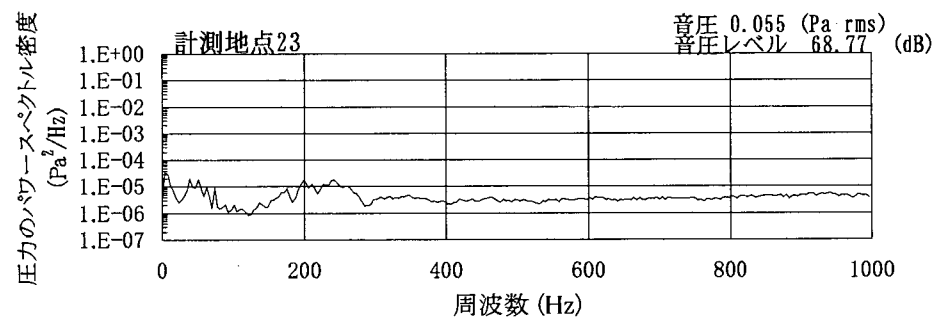
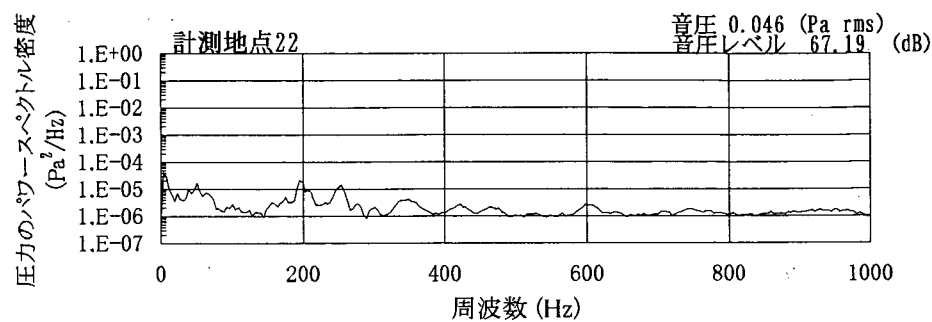
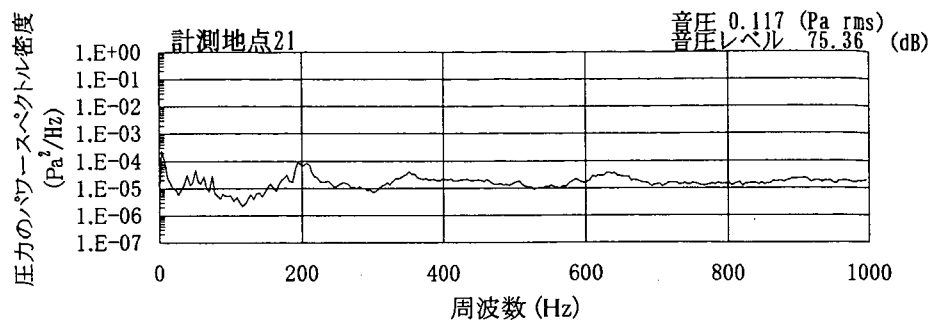
付図-3.4(3) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)〔測点11~15〕



貯水池水位=325.62m

流量 Q=40.78 m³/s

付図-3.4(4) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=40m³/s)[測点16~20]

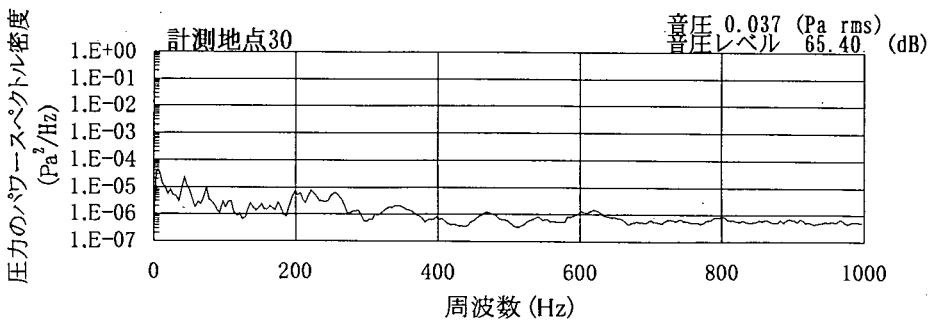
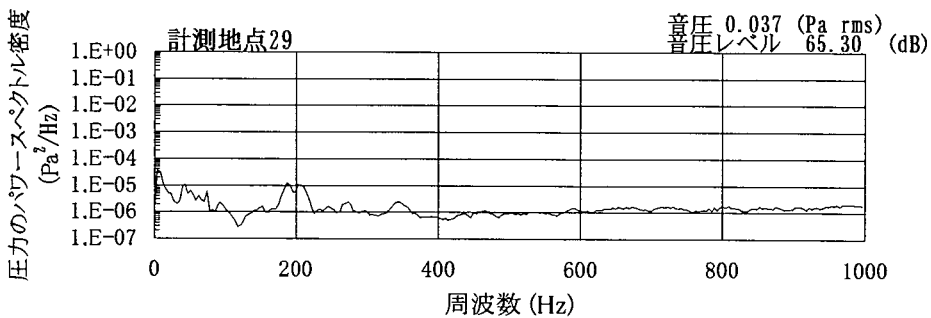
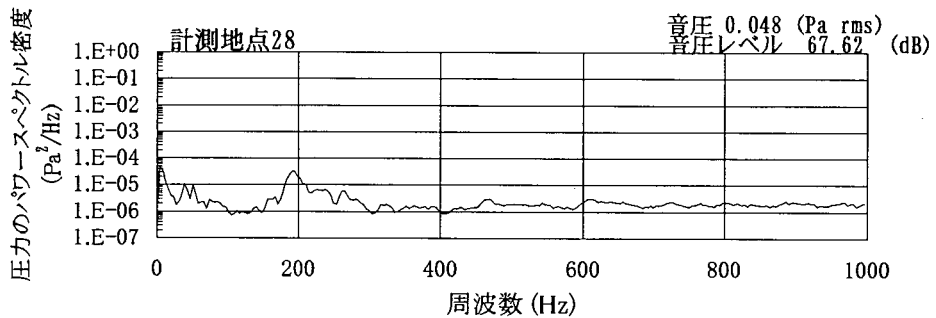
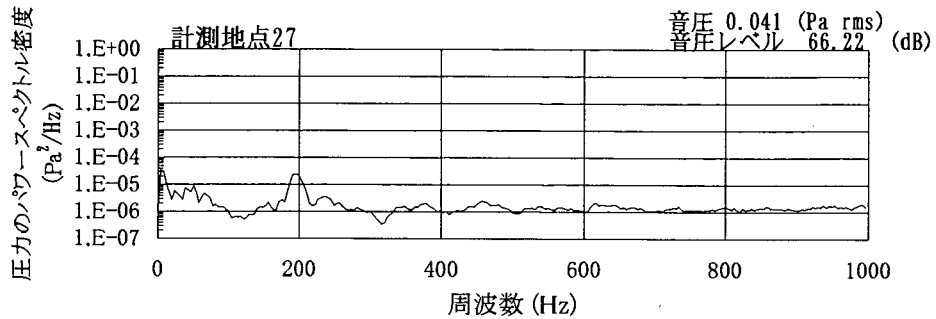
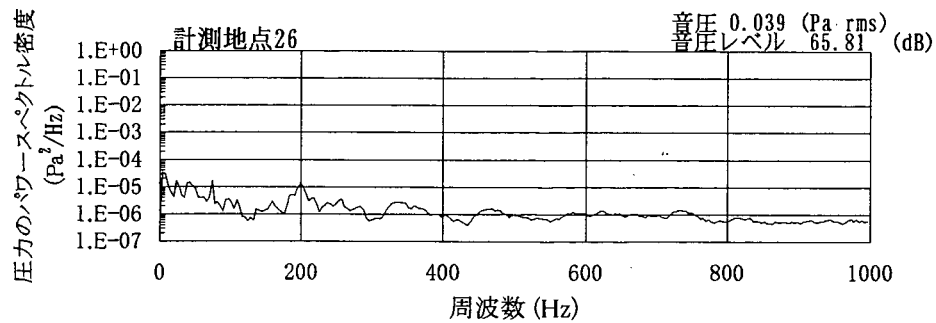


貯水池水位=325.62m

流量 Q=40.78

m³/s

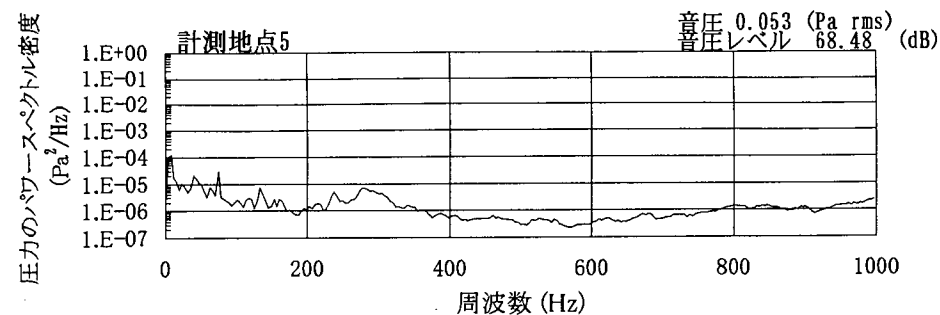
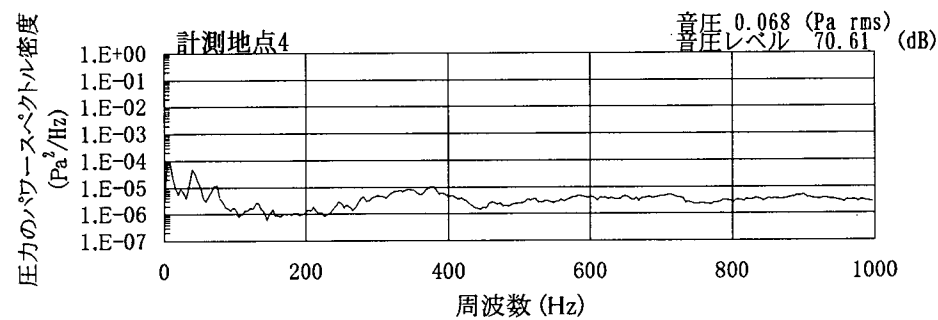
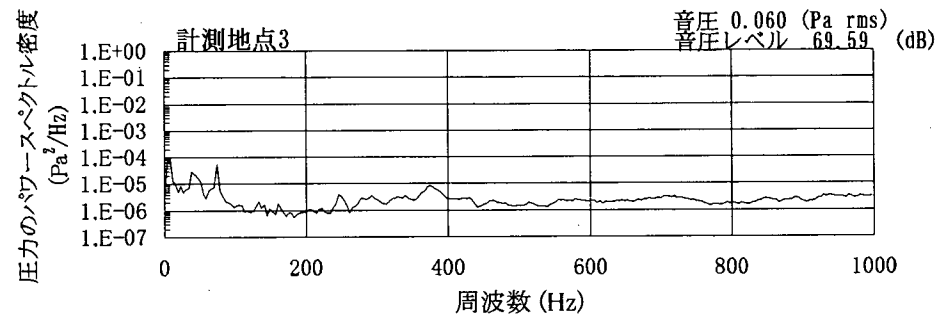
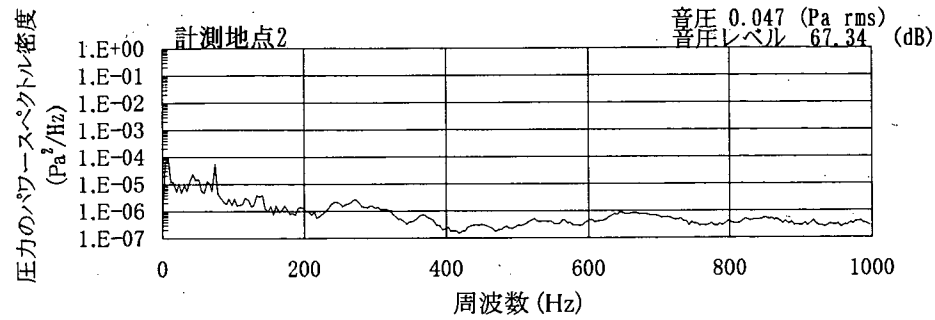
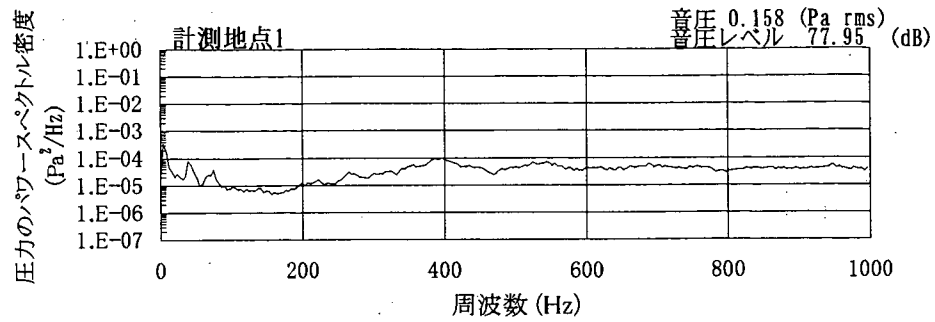
付図-3.4(5) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=40m³/s)〔測点21～25〕



貯水池水位=325.62m

流量 Q=40.78 m³/s

付図-3.4(6) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=40m³/s)[測点26~30]

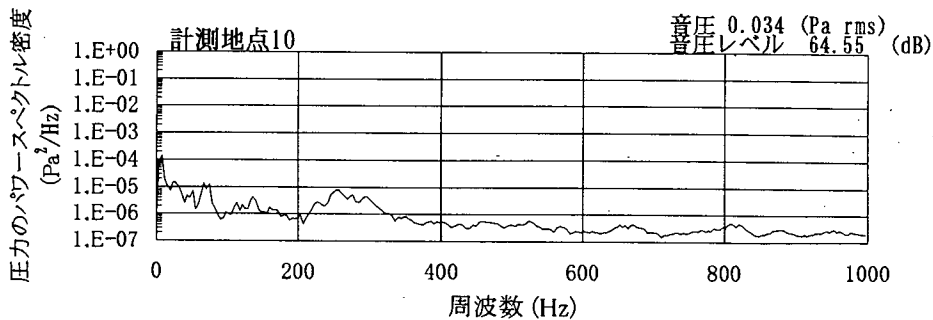
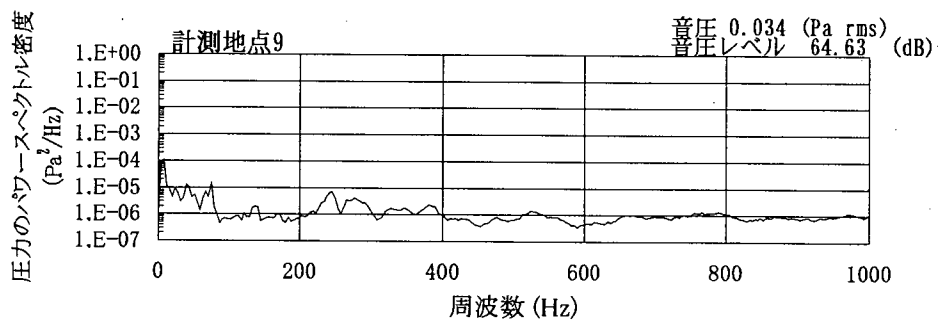
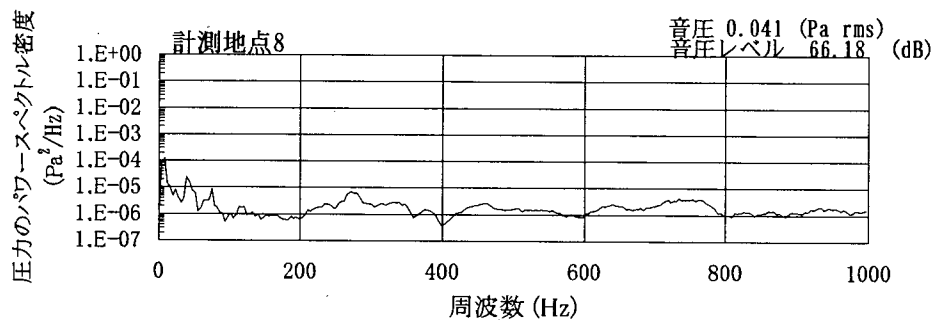
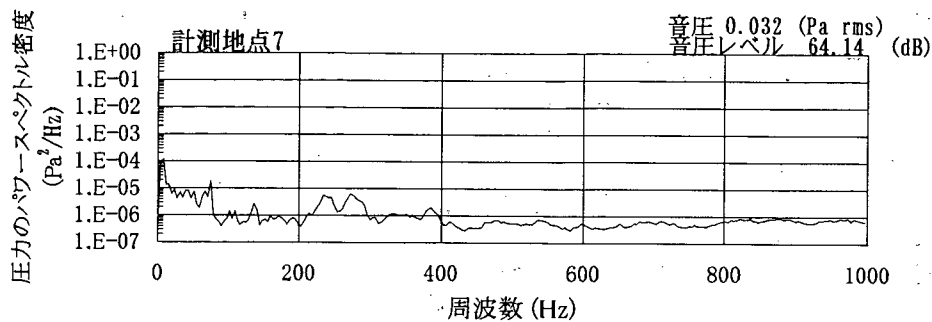
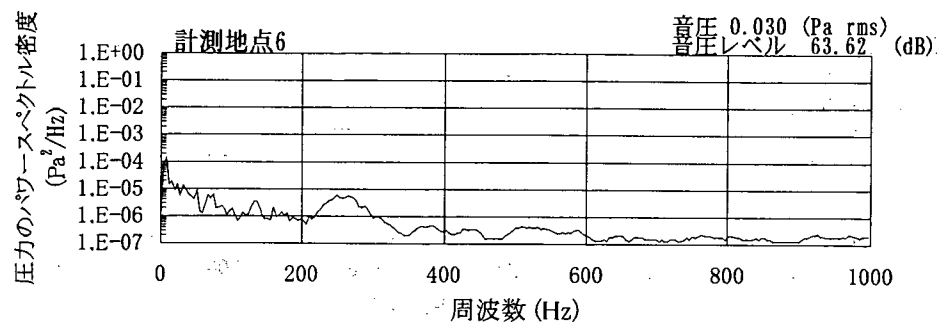


貯水池水位=326.54m

流量 Q=21.09

m³/s

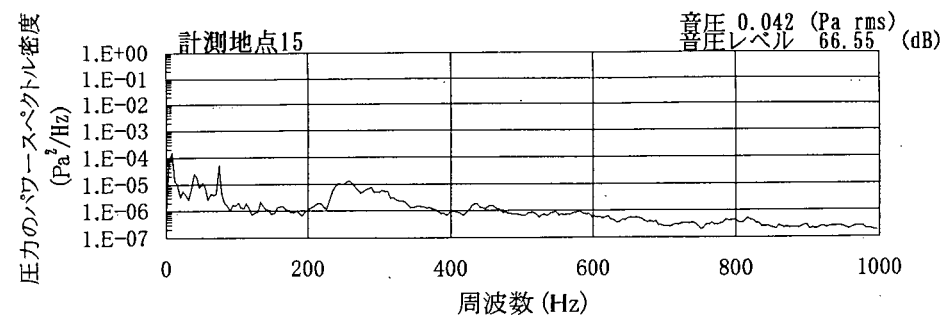
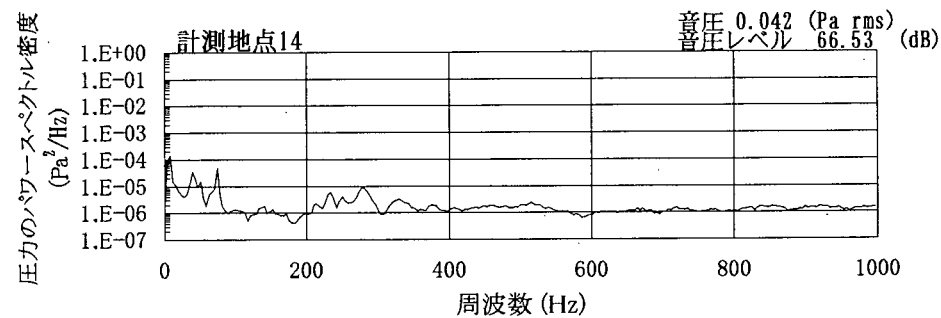
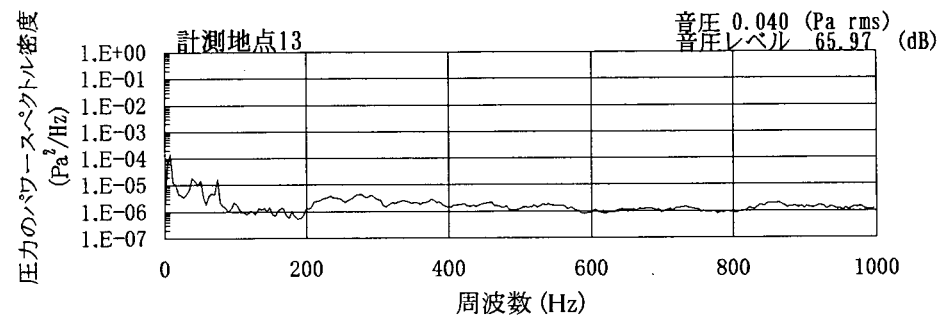
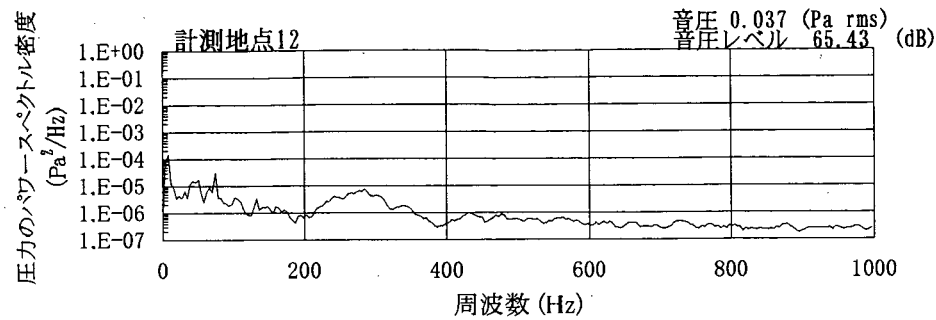
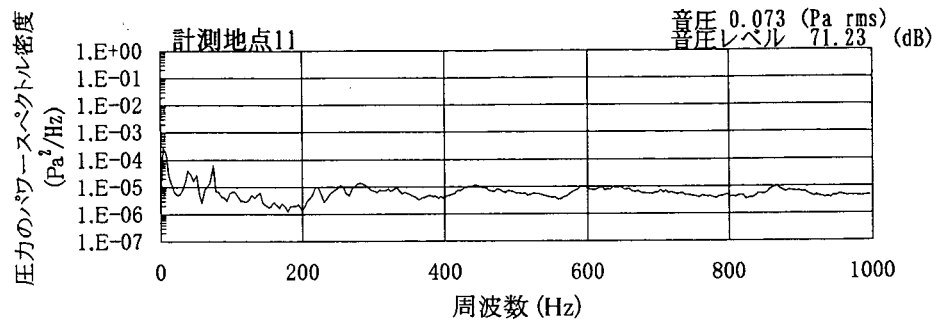
付図-3.5(1) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=20m³/s)〔測点1～5〕



貯水池水位=326.54m

流量 Q=21.09 m³/s

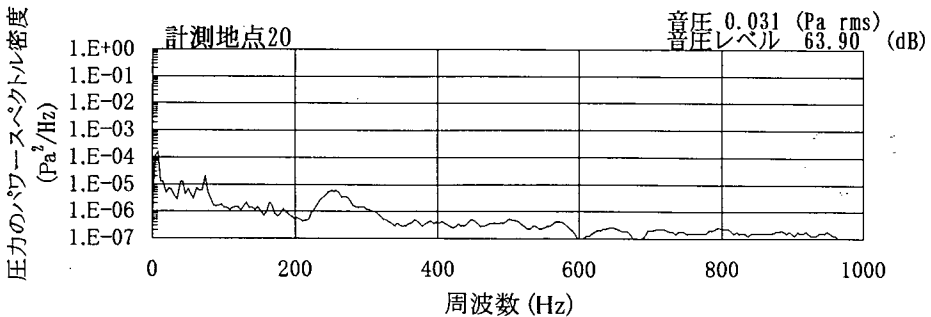
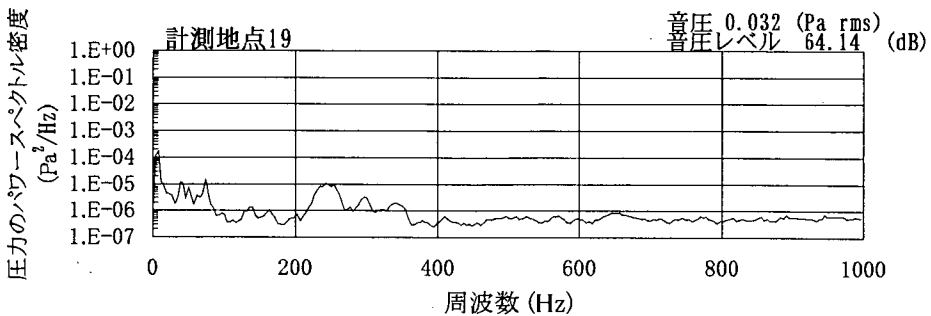
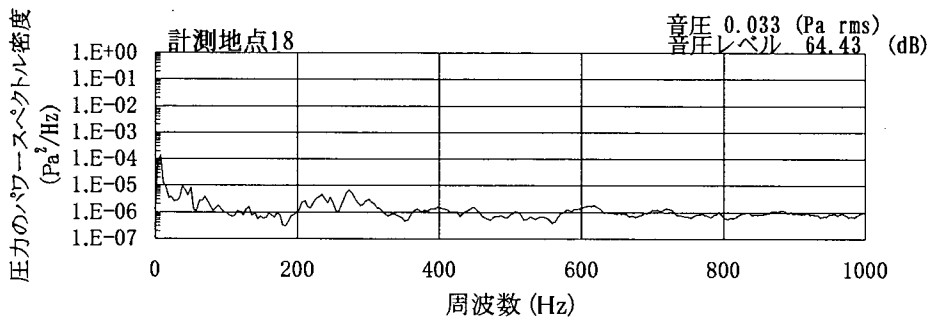
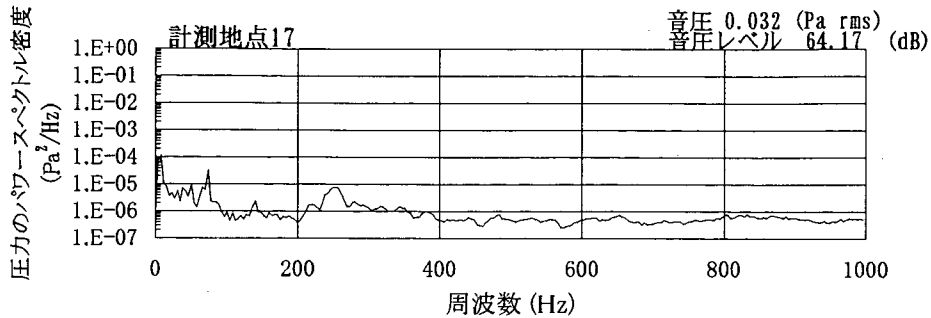
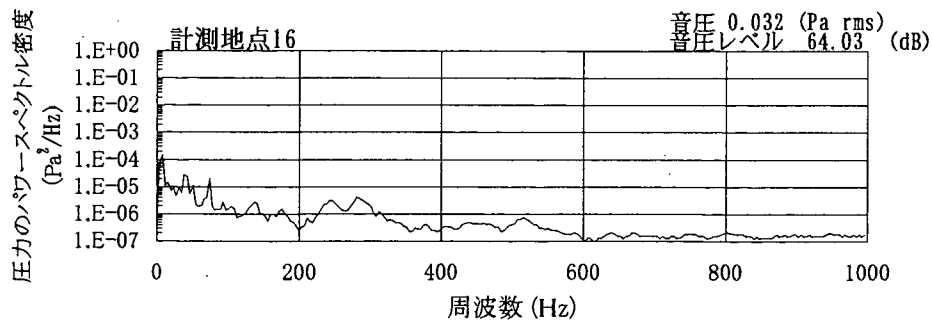
付図-3.5(2) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=20m³/s)[測点6~10]



貯水池水位=326.54m

流量 Q=21.09 m³/s

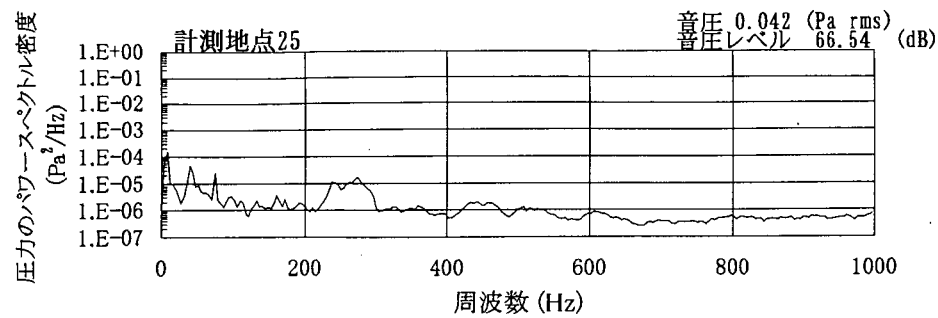
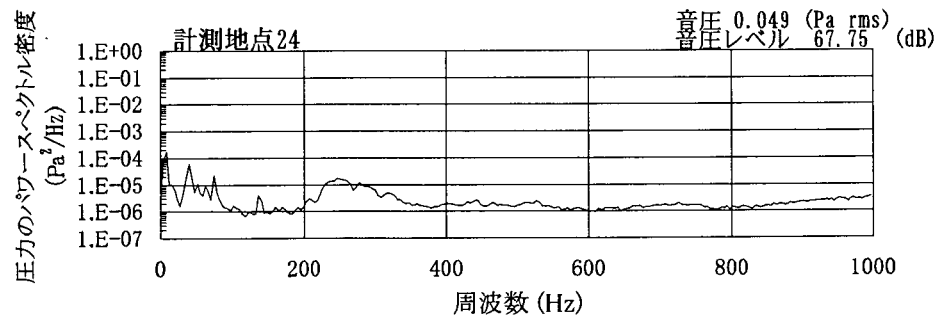
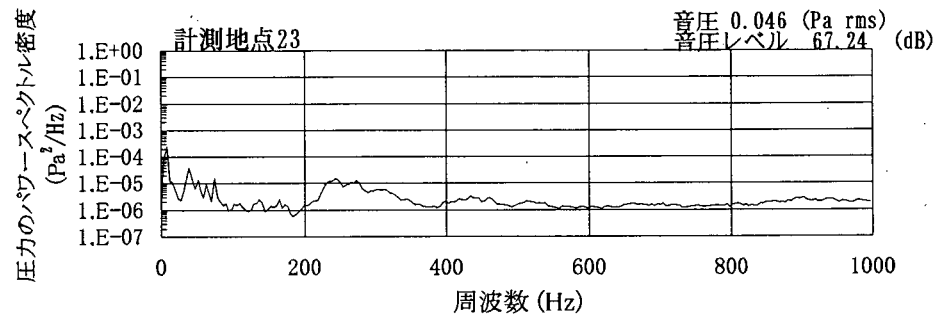
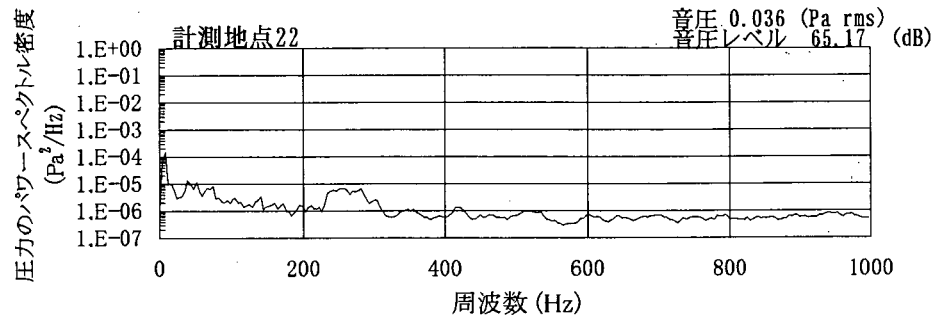
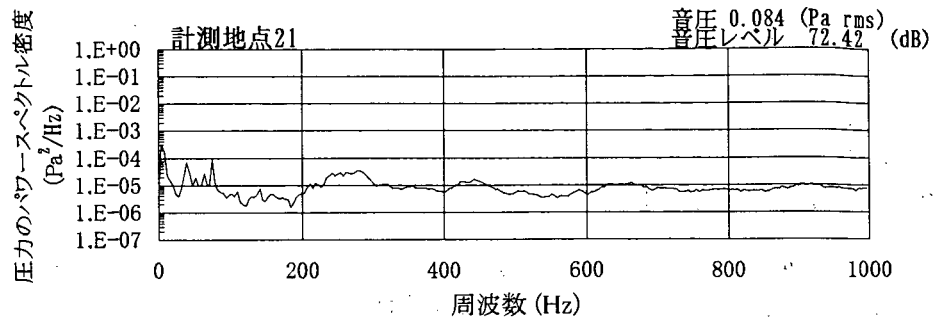
付図-3.5(3) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=20m³/s)[測点11~15]:



貯水池水位=326.54m

流量 Q=21.09 m³/s

付図-3.5(4) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=20m³/s)[測点16~20]

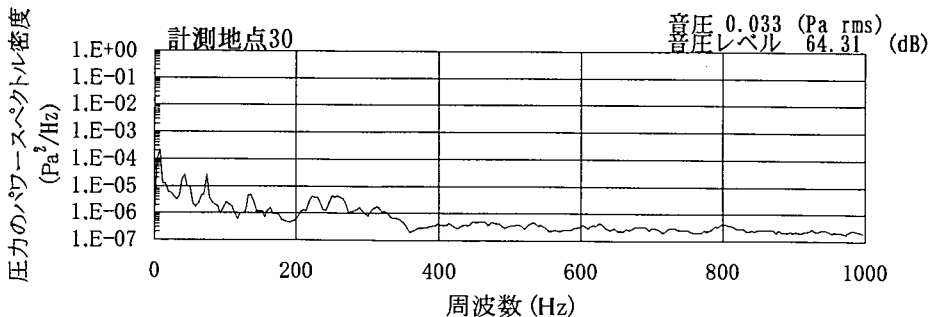
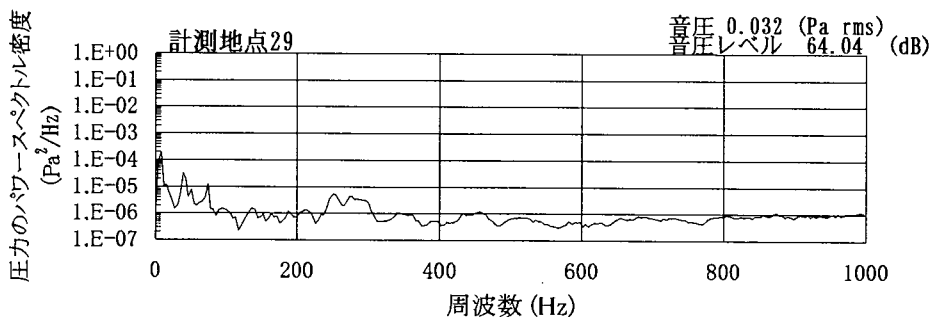
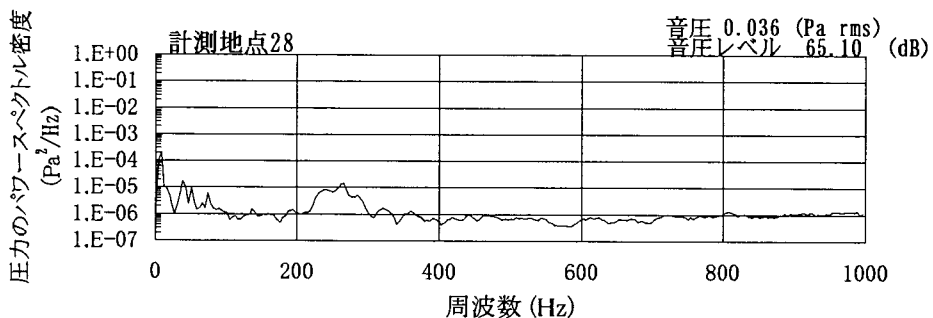
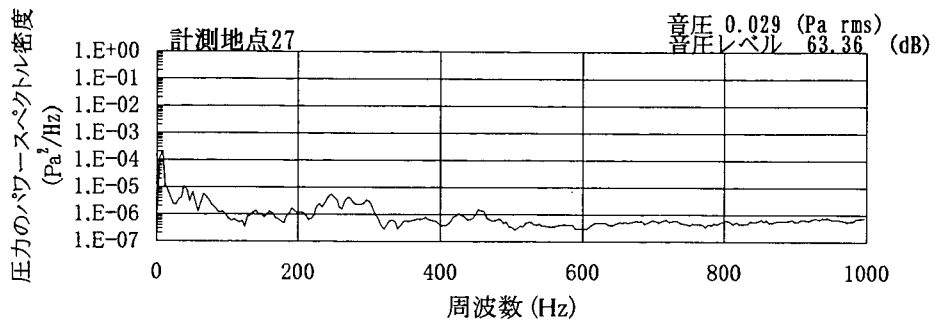
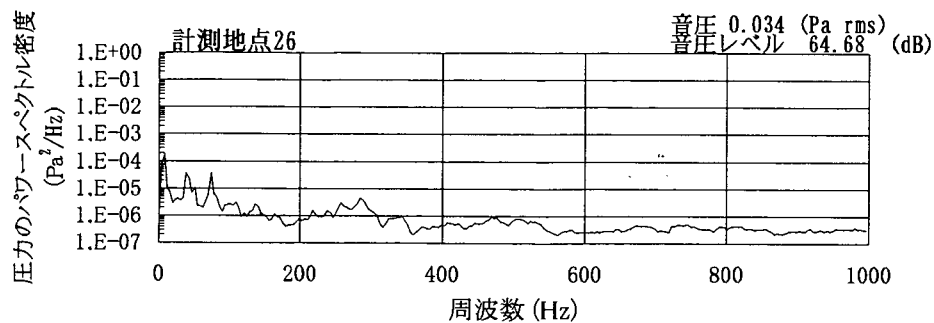


貯水池水位=326.54m

流量 $Q=21.09$

m^3/s

付図-3.5(5) 対策後の圧力のパワースペクトル密度($Q=20\text{m}^3/\text{s}$)〔測点21～25〕



貯水池水位=326.54m

流量 Q=21.09 m³/s

付図-3.5(6) 対策後の圧力のパワースペクトル密度(Q=20m³/s)〔測点26～30〕