ISSN 0386－5878
土木研究所資料第3623号

マイクロフィルム用資料

土 木 研 究 所 資 料

天ヶ瀬ダム水理模型実験報告書

平成11年３月

建 設 省 土 木 研 究 所
ダム部水工水資源研究室

Copyright © (1999) 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 Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所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、土木研究所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。

土木研究所資料
第3623号1999年3月

天ヶ瀬ダム水理模型実験報告書

水工水資源研究室　室　　長　柏井条介
主任研究員　桜井　力
研　究　員　櫻井寿之

要　旨

天ヶ瀬ダムは昭和39年に淀川水系宇治川に建設されたアーチ式コンクリートダムである。

本報告書は，既設天ヶ瀬ダムの放流能力増強のために左岸地山部に新設が計画されているトンネル式放流設備の水理模型実験結果をとりまとめたものである。

新設されるトンネル式放流設備は，流入部，口径約11ｍ・延長約330ｍのトンネル部，ゲート部，トンネル内減勢工，河道とり付け部より構成される計画最大放流量700m³/sの大規模なものであり，本水理模型実験では，各部の適切な形状を求めるとともに，その水理機能を調査した。また，トンネル内跳水現象により発生する低周波音について，基礎的な検討を行った。

キーワード：水理模型実験，トンネル式放流設備，吸い込み渦，空気混入，減勢工，跳水，低周波音

まえがき

本報告書は、天ヶ瀬ダムのトンネル式放流設備に関する水理模型実験の検討結果をとりまとめたものである。天ヶ瀬ダムは、昭和３９年に淀川水系宇治川に建設された洪水調節・京都府への水道用水の供給・天ヶ瀬発電所における発電を目的としたアーチ式コンクリートダムであるが、昭和４６年の「淀川水系工事実施基本計画」の改定により、ダムの運用法の変更が計画され、新設放流設備による放流能力の増強が必要となっている。

アーチ式ダムでは、既設のダム堤体に放流設備を設置することが困難と考えられたことから、このための施設として地山内に設けるトンネル式放流設備が計画されている。本施設は、最大放流量700㎥/sの大規模施設であり、河道との取り合いの関係や景観の関係から減勢工部も含めて、トンネル構造とすることとされている。

本水理模型実験では、天ヶ瀬ダムで計画されている新設のトンネル式放流設備について、適切な形状を求めるとともにその水理機能を調査した。また、トンネル内の跳水現象により発生する低周波音について、基礎的検討を行った。

目　次

まえがき

第1章　天ヶ瀬ダム再開発計画の概要 …… 1
1.1　既設ダムの概要 …… 1
1.2　再開発後の天ヶ瀬ダムの治水計画（案） …… 1
1.3　トンネル式放流設備の概要 …… 2
1.3.1　設計の基本条件 …… 2
1.3.2　水理設計条件 …… 2
(1) 放流能力 …… 2
(2) 流入部 …… 2
(3) 管路部 …… 3
(4) 放流管部 …… 3
(5) 減勢工部 …… 3

第2章　最終案形状 …… 9

第3章　流入部の検討 …… 21
3.1　概要 …… 21
3.2　実験方法 …… 21
3.2.1　模型 …… 21
3.2.2　相似則 …… 21
3.2.3　計測方法 …… 21
(1) 流量 …… 21
(2) 水位および壁面作用圧力 …… 22
(3) 流速 …… 22
(4) 空気混入量 …… 22
(5) 流況観察 …… 22
3.3　実験結果 …… 22
3.3.1　門数 …… 22
3.3.2　前庭部高さ …… 23
3.3.3　流入部形状（桟の設置） …… 23
3.3.4　前面壁下端標高 …… 24
3.3.5　最終案形状 …… 24
3.4　まとめ …… 25

第4章　管路部・放流管部の検討 …… 87
4.1　概要 …… 87
4.2　実験方法 …… 87
4.2.1　模型 …… 87
4.2.2　相似則 …… 87
4.2.3　計測方法 …… 87
(1) 流量 …… 87
(2) 水位および壁面作用圧力 …… 87
(3) 流況観察 …… 87
4.3　実験結果 …… 87
4.3.1　管路部 …… 87
4.3.2　放流管部 …… 88
4.3.3　放流能力 …… 89
(1)　中間領域 …… 90
(2)　粗度係数，エネルギー損失係数の推定 …… 90
(3)　放流能力の推定 …… 92
(4)　放流能力の検討 …… 93
(5)　粗度変化の検討 …… 93
(6)　水位と流量と流況（空気混入）の関係 …… 94
4.4　まとめ …… 94

第5章　減勢工部の検討 …… 123
5.1　概要 …… 123
5.2　実験方法 …… 123
5.2.1　模型 …… 123
5.2.2　相似則 …… 123
5.2.3　計測方法 …… 123
(1) 流量 …… 123
(2) 水位 …… 123
(3) 流況観察 …… 124
(4) 流速 …… 124
(5) 風速・給気量 …… 124
5.3　実験結果 …… 124
5.3.1　基本的な形式 …… 124
5.3.2　模型の縮尺効果 …… 124
5.3.3　減勢工規模 …… 125
5.3.4　下流河道水位条件 …… 126
5.3.5　馬蹄形断面模型による実験 …… 128

(1) 比較案C11 ……128
(2) 比較案C12 ……128
5.3.6 最終案の検証実験 ……129
5.3.7 ゲート下流水平水路部の必要高さ ……130
5.4 まとめ ……131

第6章 跳水発生音の検討 ……233
6.1 目的 ……233
6.2 実験方法 ……233
6.2.1 実験概要 ……233
6.2.2 実験模型 ……233
6.2.3 測定方法 ……239
6.3 水理条件の測定結果 ……241
6.3.1 流入流速 ……241
6.3.2 流況 ……241
6.4 跳水音の発生位置（予備実験結果） ……242
6.5 音源の特性 ……243
6.5.1 周波数特性 ……243
6.5.2 音源出力 ……246
6.6 伝播特性 ……249
6.6.1 伝播音の周波数特性 ……249
6.6.2 伝達関数 ……254
6.6.3 減勢工形状による変化 ……254
6.7 跳水発生音の相似則 ……255
6.7.1 音の相似則とフルードの相似則 ……255
6.7.2 原型値への換算方法 ……259
6.8 まとめ ……265

あとがき ……267

図　目　次

第1章

図－1.1　淀川水系流域図 …… 4
図－1.2　洪水調節図（旧）…… 5
図－1.3　洪水調節図（新）…… 6
図－1.4　計画洪水流量配分図（旧）…… 6
図－1.5　計画洪水流量配分図（新）…… 6
図－1.6　貯水池容量配分図（旧）…… 7
図－1.7　貯水池容量配分図（新）…… 7
図－1.8　貯水位～容量曲線（旧）…… 8
図－1.9　貯水位～容量曲線（新）…… 8

第2章

図－2.1　放流設備平面図（最終案）…… 10
図－2.2　放流設備縦断図（最終案）…… 11
図－2.3　流入部平面図（最終案）…… 12
図－2.4　流入部縦断図（最終案）…… 13
図－2.5　放流管部平面図（最終案）…… 14
図－2.6　放流管部縦断図（最終案）…… 15
図－2.7　減勢工部形状図（最終案）…… 16
図－2.8　合流部詳細図（最終案）…… 17
図－2.9　副ダムおよびシル詳細図（最終案）…… 18
図－2.10　減勢工部横断面図（最終案）…… 19

第3章

図－3.1　流入部構造図（比較案A1，平面図，縦断図）…… 26
図－3.2　流入部構造図（比較案A1，断面図）…… 27
図－3.3　流入部の流況（比較案A1，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）…… 28
図－3.4　管路部～放流管部の流況（比較案A１，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）…… 29
図－3.5　流入部の流況（比較案A１，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）…… 30
図－3.6　管路部～放流管部の流況（比較案A１，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）…… 31
図－3.7　流入部の流況（比較案A１，H＝O.P.78.5m，Q＝858㎥/s）…… 32
図－3.8　管路部～放流管部の流況（比較案A１，H＝O.P.78.5m，Q＝858㎥/s）…… 33
図－3.9　流入部構造図（比較案A２，平面図，縦断図）…… 34
図－3.10　流入部構造図（比較案A２，断面図）…… 35
図－3.11　流入部の流況（比較案A２，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）…… 36

図－3.12　管路部～放流管部の流況（比較案A２，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）…… 37
図－3.13　流入部の流況（比較案A２，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）…… 38
図－3.14　管路部～放流管部の流況（比較案A２，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）…… 39
図－3.15　流入部の流況（比較案A２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）…… 40
図－3.16　管路部～放流管部の流況（比較案A２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）…… 41
図－3.17　流入部比較案A２前庭部高さ比較形状…… 42
図－3.18　流入部付近の流速分布（比較案A２，前庭部高さ：O.P.48m）…… 43
図－3.19　流入部付近の流速分布（比較案A２，前庭部高さ：O.P.46m）…… 44
図－3.20　流入部付近の流速分布（比較案A２，前庭部高さ：O.P.44m）…… 45
図－3.21　流入部構造図（比較案A３，平面図）…… 46
図－3.22　流入部構造図（比較案A３，縦断図）…… 47
図－3.23　流入部の流況（比較案A３，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）…… 48
図－3.24　管路部～放流管部の流況（比較案A３，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）…… 49
図－3.25　流入部の流況（比較案A３，H＝O.P.64.3m，Q＝457㎥/s）…… 50
図－3.26　管路部～放流管部の流況（比較案A３，H＝O.P.64.3m，Q＝457㎥/s）…… 51
図－3.27　流入部の流況（比較案A３，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）…… 52
図－3.28　管路部～放流管部の流況（比較案A３，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）…… 53
図－3.29　流入部の流況（比較案A３，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）…… 54
図－3.30　管路部～放流管部の流況（比較案A３，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）…… 55
図－3.31　流入部構造図（比較案A５，平面図）…… 56
図－3.32　流入部構造図（比較案A５，縦断図，前面壁下端標高O.P.70m）…… 57
図－3.33　流入部構造図（最終案，平面図）…… 58
図－3.34　流入部構造図（最終案，縦断図）…… 59
図－3.35　流入部ピエゾ埋設位置…… 60
図－3.36　流入部作用圧力分布（最終案）…… 61
図－3.37　流入部付近の流速分布（最終案）…… 62
図－3.38　流入部の流況（最終案，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）…… 63
図－3.39　管路部～放流管部の流況（最終案，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）…… 64
図－3.40　流入部の流況（最終案，H＝O.P.64.3m，Q＝457㎥/s）…… 65
図－3.41　管路部～放流管部の流況（最終案，H＝O.P.64.3m，Q＝457㎥/s）…… 66
図－3.42　流入部の流況（最終案，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）…… 67
図－3.43　管路部～放流管部の流況（最終案，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）…… 68
図－3.44　流入部の流況（最終案，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）…… 69
図－3.45　管路部～放流管部の流況（最終案，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）…… 70

第４章

図－4.1　管路部（平面図）…… 96
図－4.2　管路部（縦断図）…… 97

図－4.3　管路部圧力測定位置 …… 98
図－4.4　管路部作用圧力分布（H＝O.P.67.1m，Q＝745.871㎥/s） …… 99
図－4.5　管路部作用圧力分布（H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s） ……100
図－4.6　放流管部（比較案B１，平面図） ……101
図－4.7　放流管部（比較案B１，縦断図） ……102
図－4.8　放流管部（比較案B１，断面図） ……103
図－4.9　放流管部圧力測定位置（比較案B１） ……104
図－4.10　放流管部圧力分布図（比較案B１，Q＝700㎥/s） ……105
図－4.11　放流管部圧力分布図（比較案B１，Q＝800㎥/s） ……106
図－4.12　放流管部（比較案B２，平面図） ……107
図－4.13　放流管部（比較案B２，縦断図） ……108
図－4.14　放流管部圧力測定位置（比較案B２） ……109
図－4.15　放流管部作用圧力分布（比較案B２，H＝O.P.67.1m，Q＝745.871㎥/s）……110
図－4.16　放流管部作用圧力分布（比較案B２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s） ……111
図－4.17　予備ゲート戸溝オフセット平面図 ……112
図－4.18　開水路時のCとH/Dの関係（２条放流） ……112
図－4.19　C2とD/Hの関係（２条放流） ……113
図－4.20　a，bとG/Dの関係（２条放流） ……114
図－4.21　流量係数と作用水頭の関係（２条放流） ……115
図－4.22　貯水位と放流量の関係（２条放流） ……116
図－4.23　粗度の変化による放流能力の変化 ……117
図－4.24　流入部の流況 ……118
図－4.25　ゲート開度～水位による流況 ……119

第５章

図－5.1　減勢工形状（縮尺効果実験模型） ……132
図－5.2　減勢工流況（模型縮尺：1/80，Q＝700㎥/s） ……133
図－5.3　減勢工流況（模型縮尺：1/62.5，Q＝700㎥/s） ……134
図－5.4　減勢工流況（模型縮尺：1/40，Q＝700㎥/s） ……135
図－5.5　減勢工水面形（模型縮尺：1/80，Q＝700㎥/s） ……136
図－5.6　減勢工水面形（模型縮尺：1/62.5，Q＝700㎥/s） ……137
図－5.7　減勢工水面形（模型縮尺：1/40，Q＝700㎥/s） ……138
図－5.8　宇治川本川水位～放流量関係（52.6km地点） ……139
図－5.9　減勢工流況（水叩き長：60m，副ダム高：10m，二次減勢工水叩き長：30m，
シル高：2m） ……140
図－5.10　減勢工水面形（水叩き長：60m，副ダム高：10m，二次減勢工水叩き長：30m，
シル高：2m） ……141
図－5.11　下流河道断面No.設定位置 ……142

図－5.12　下流河道流況（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.21水位：O.P.22.492m）……143
図－5.13　下流河道流況（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.8水位：O.P.24m）……144
図－5.14　下流河道流況（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，
断面No.21水位：O.P.24.939m）……145
図－5.15　下流河道水面形（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.21水位：O.P.22.492m）……146
図－5.16　下流河道水面形（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.8水位：O.P.24m）……147
図－5.17　下流河道水面形（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，
断面No.21水位：O.P.24.939m）……148
図－5.18　下流河道流速分布a（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.21水位：O.P.22.492m）……149
図－5.19　下流河道流速分布b（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.21水位：O.P.22.492m）……150
図－5.20　下流河道流速分布a（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.8水位：O.P.24m）……151
図－5.21　下流河道流速分布b（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.8水位：O.P.24m）……152
図－5.22　下流河道流速分布a（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，
断面No.21水位：O.P.24.939m）……153
図－5.23　下流河道流速分布b（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，
断面No.21水位：O.P.24.939m）……154
図－5.24　減勢工流況（原案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700　㎥/s，
河道断面No.8水位：O.P.24m）……155
図－5.25　減勢工水面形状（原案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
河道断面No.8水位：O.P.24m）……156
図－5.26　減勢工部形状図（比較案C１１，Type1）……157
図－5.27　減勢工比較検討図（比較案C１１，Type2～4）……158
図－5.28　減勢工比較検討図（比較案C１１，Type5～8）……159
図－5.29　減勢工比較検討図（比較案C１１，Type9～11）……160
図－5.30　減勢工比較検討図（比較案C１１，Type12～14）……161
図－5.31　減勢工部形状図（比較案C１１，最終案）……162
図－5.32　減勢工・副ダム減勢工流況a（比較案C１１，Type1）……163
図－5.33　減勢工・副ダム減勢工流況b（比較案C１１，Type1）……164
図－5.34　減勢工・副ダム減勢工水面形a（比較案C１１，Type1）……165
図－5.35　減勢工・副ダム減勢工水面形b（比較案C１１，Type1）……166

図－5.36　減勢工・副ダム減勢工流況a（比較案C1 1，最終案）……167
図－5.37　減勢工・副ダム減勢工流況b（比較案C1 1，最終案）……168
図－5.38　減勢工・副ダム減勢工水面形a（比較案C1 1，最終案）……169
図－5.39　減勢工・副ダム減勢工水面形b（比較案C1 1，最終案）……170
図－5.40　減勢工部形状図（比較案C1 2，Type1）……171
図－5.41　減勢工比較検討図（比較案C1 2，Type2～5）……172
図－5.42　減勢工比較検討図（比較案C1 2，Type6～9）……173
図－5.43　減勢工部形状図（比較案C1 2，最終案）……174
図－5.44　減勢工・副ダム減勢工流況a（比較案C1 2，Type1）……175
図－5.45　減勢工・副ダム減勢工流況b（比較案C1 2，Type1）……176
図－5.46　減勢工・副ダム減勢工水面形a（比較案C1 2，Type1）……177
図－5.47　減勢工・副ダム減勢工水面形b（比較案C1 2，Type1）……178
図－5.48　減勢工・副ダム減勢工流況a（比較案C1 2，最終案）……179
図－5.49　減勢工・副ダム減勢工流況b（比較案C1 2，最終案）……180
図－5.50　減勢工・副ダム減勢工水面形a（比較案C1 2，最終案）……181
図－5.51　減勢工・副ダム減勢工水面形b（比較案C1 2，最終案）……182
図－5.52　下流河道流況a（最終案）……183
図－5.53　下流河道流況b（最終案）……184
図－5.54　下流河道流況c（最終案）……185
図－5.55　下流河道水面形a（最終案）……186
図－5.56　下流河道水面形b（最終案）……187
図－5.57　下流河道水面形c（最終案）……188
図－5.58　下流河道流速分布a（最終案）……189
図－5.59　下流河道流速分布b（最終案）……190
図－5.60　下流河道流速分布c（最終案）……191
図－5.61　下流河道合流部付近流速分布a（最終案）……192
図－5.62　下流河道合流部付近流速分布b（最終案）……193
図－5.63　下流河道合流部付近流速分布c（最終案）……194
図－5.64　下流河道合流部付近流速分布d（最終案）……195
図－5.65　下流河道合流部付近流速分布e（最終案）……196
図－5.66　下流河道合流部付近流速分布f（最終案）……197
図－5.67　トンネル内風速（最終案，Q=863㎥/s）……198
図－5.68　トンネル内風速（最終案，Q=700㎥/s）……199
図－5.69　給気管内の風速（最終案）……200
図－5.70　給気管内の給気量（最終案）……200
図－5.71　減勢工・副ダム減勢工流況（最終案，片側放流時）……201

図－6.1　実験模型の概要 ……234
図－6.2　実験模型の概要（1倍模型） ……235
図－6.3　実験模型の概要（1.5倍模型）……236
図－6.4　実験模型の概要（2倍模型） ……237
図－6.5　1/2倍模型副ダム形状 ……239
図－6.6　1倍模型副ダム形状 ……239
図－6.7　流入水深の推定 ……241
図－6.8　跳水時の水面形と音圧レベル……242
図－6.9　トンネル式減勢工の発生音の系 ……243
図－6.10(a)　1倍模型音源（始端部）のパワースペクトル分布 ……244
図－6.10(b)　1倍模型音源（始端部）のパワースペクトル分布 ……244
図－6.11(a)　1.5倍模型音源（始端部）のパワースペクトル分布 ……244
図－6.11(b)　1.5倍模型音源（始端部）のパワースペクトル分布 ……244
図－6.12(a)　2倍模型音源（始端部）のパワースペクトル分布 ……245
図－6.12(b)　2倍模型音源（始端部）のパワースペクトル分布 ……245
図－6.13　気泡混入の模式図 ……245
図－6.14　気泡の振動周波数 ……246
図－6.15　ポテンシャルコア近傍の流速変動 ……246
図－6.16　跳水の発生音と流入エネルギーの関係 ……249
図－6.17(a)　0.5倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布……250
図－6.17(b)　0.5倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布……250
図－6.18(a)　1倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布 ……250
図－6.18(b)　1倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布 ……250
図－6.19(a)　1.5倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布……251
図－6.19(b)　1.5倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布……251
図－6.20(a)　2倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布 ……251
図－6.20(b)　2倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布 ……251
図－6.21　観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布の比較 ……252
図－6.22　天端高さによるパワースペクトルの変化……253
図－6.23　1倍模型伝達関数（観測音/音源）のパワースペクトル分布 ……253
図－6.24　1.5倍模型伝達関数（観測音/音源）のパワースペクトル分布 ……253
図－6.25　2倍模型伝達関数（観測音/音源）のパワースペクトル分布 ……253
図－6.26　模型スケールと卓越周波数……254
図－6.27　副ダム形状の変化による流況と音圧パワースペクトルの変化 ……256
図－6.28　音源（始端部）のパワースペクトルの換算（音の相似則）……260
図－6.29　音源（始端部）のパワースペクトルの換算（フルードの相似則） ……261
図－6.30　伝達関数のパワースペクトルの換算（音の相似則）……262
図－6.31　伝達関数のパワースペクトルの換算（フルードの相似則） ……263

図－6.32　観測音（副ダム直下）のパワースペクトルの比換算（音の相似則）……264

表　目　次

第1章
表－1.1　ダムおよび貯水池の諸元 …… 4

第3章
表－3.1　模型に対する諸量の縮尺 …… 21
表－3.2　桟形状を変化させた実験結果 …… 23
表－3.3　前面壁下端標高を変化させた実験結果 …… 24
表－3.4　最終案形状の流況 …… 25

第4章
表－4.1　2条放流時の中間領域 …… 90
表－4.2　放流量の実験値と計画値の比較 …… 93
表－4.3　粗度の変化による放流量の変化 …… 94

第5章
表－5.1　模型に対する諸量の縮尺（減勢工部） ……123
表－5.2　模型縮尺を変化させた実験結果（放流量700㎥/s) ……125
表－5.3　減勢工規模を変化させた実験結果 ……126
表－5.4　二次減勢工規模を変化させた実験結果 ……126
表－5.5　減勢工および河道の流況 ……127

第6章
表－6.1　実験条件一覧 ……240

写　真　目　次

第3章

写真－3.1　流入部模型形状a（比較案A１）…… 71
写真－3.2　流入部模型形状b（比較案A１）…… 71
写真－3.3　流入部の流況a（比較案A１，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s，
前庭部の高さ：O.P.　48m）…… 71
写真－3.4　流入部の流況b（比較案A１，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s，
前庭部の高さ：O.P.　48m）…… 72
写真－3.5　流入部の流況a（比較案A１，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s，
前庭部の高さ：O.P.　48m）…… 72
写真－3.6　流入部の流況b（比較案A１，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s，
前庭部の高さ：O.P.　48m）…… 72
写真－3.7　流入部の流況a（比較案A１，H＝O.P.78.5m，Q＝858㎥/s，
前庭部の高さ：O.P.　48m）…… 73
写真－3.8　流入部の流況b（比較案A１，H＝O.P.78.5m，Q＝858㎥/s，
前庭部の高さ：O.P.　48m）…… 73
写真－3.9　流入部模型形状a（比較案A２）…… 73
写真－3.10　流入部模型形状b（比較案A２）…… 74
写真－3.11　流入部の流況a（比較案A２，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s，
前庭部の高さ：O.P.　48m）…… 74
写真－3.12　流入部の流況b（比較案A２，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s，
前庭部の高さ：O.P.　48m）…… 74
写真－3.13　流入部の流況a（比較案A２，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s，
前庭部の高さ：O.P.　48m）…… 75
写真－3.14　流入部の流況b（比較案A２，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s，
前庭部の高さ：O.P.　48m）…… 75
写真－3.15　流入部の流況a（比較案A２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s，
前庭部の高さ：O.P.　48m）…… 75
写真－3.16　流入部の流況b（比較案A２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s，
前庭部の高さ：O.P.　48m）…… 76
写真－3.17　流入部模型形状a（比較案A３）…… 76
写真－3.18　流入部模型形状b（比較案A３）…… 76
写真－3.19　流入部の流況a（比較案A３，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）…… 77
写真－3.20　流入部の流況b（比較案A３，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）…… 77
写真－3.21　流入部の流況a（比較案A３，H＝O.P.64.3m，Q＝457㎥/s）…… 77
写真－3.22　流入部の流況b（比較案A３，H＝O.P.64.3m，Q＝457㎥/s）…… 78

写真－3.23　流入部の流況a（比較案A３，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）…… 78
写真－3.24　流入部の流況b（比較案A３，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）…… 78
写真－3.25　流入部の流況a（比較案A３，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）…… 79
写真－3.26　流入部の流況b（比較案A３，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）…… 79
写真－3.27　流入部の流況a（比較案A４，前面壁下端標高O.P.72m，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）…… 79
写真－3.28　流入部の流況b（比較案A４，前面壁下端標高O.P.72m，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）…… 80
写真－3.29　流入部の流況a（比較案A５，前面壁下端標高O.P.70m，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）…… 80
写真－3.30　流入部の流況b（比較案A５，前面壁下端標高O.P.70m，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）…… 80
写真－3.31　流入部の流況a（比較案A６，前面壁下端標高O.P.68m，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）…… 81
写真－3.32　流入部の流況b（比較案A６，前面壁下端標高O.P.68m，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）…… 81
写真－3.33　流入部模型形状a（最終案）…… 81
写真－3.34　流入部模型形状b（最終案）…… 81
写真－3.35　流入部模型形状c（最終案）…… 82
写真－3.36　流入部の流況a（最終案，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）…… 82
写真－3.37　流入部の流況b（最終案，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）……83
写真－3.38　流入部の流況a（最終案，H＝O.P.64.3m，Q＝457㎥/s）…… 83
写真－3.39　流入部の流況b（最終案，H＝O.P.64.3m，Q＝457㎥/s）…… 83
写真－3.40　流入部の流況a（最終案，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）…… 84
写真－3.41　流入部の流況b（最終案，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）…… 84
写真－3.42　流入部の流況a（最終案，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）…… 84
写真－3.43　流入部の流況b（最終案，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）……85

第４章
写真－4.1　放流管部模型形状a（比較案B１）……120
写真－4.2　放流管部模型形状b（比較案B１）……120
写真－4.3　管路部模型形状（比較案B２）……120
写真－4.4　放流管部模型形状a（比較案B２）……121
写真－4.5　放流管部模型形状b（比較案B２）……121

第５章
写真－5.1　減勢工水面形a（模型縮尺：1/80，Q＝700㎥/s）……202
写真－5.2　減勢工水面形b（模型縮尺：1/80，Q＝700㎥/s）……202

写真－5.3　減勢工水面形c（模型縮尺：1/80，Q＝700㎥/s）……202
写真－5.4　減勢工水面形a（模型縮尺：1/62.5，Q＝700㎥/s）……203
写真－5.5　減勢工水面形b（模型縮尺：1/62.5，Q＝700㎥/s）……203
写真－5.6　減勢工水面形c（模型縮尺：1/62.5，Q＝700㎥/s）……203
写真－5.7　減勢工水面形a（模型縮尺：1/40，Q＝700㎥/s）……204
写真－5.8　減勢工水面形b（模型縮尺：1/40，Q＝700㎥/s）……204
写真－5.9　減勢工水面形c（模型縮尺：1/40，Q＝700㎥/s）……204
写真－5.10　減勢工流況（水叩き長：60m，副ダム高：10m，シルなし，
H＝O.P.67.1m，Q＝700　㎥/s）……205
写真－5.11　減勢工流況（水叩き長：60m，副ダム高：10m，シルなし，
H＝O.P.67.1m，Q＝700　㎥/s）……205
写真－5.12　減勢工流況（水叩き長：60m，副ダム高：10m，シルなし，
H＝O.P.67.1m，Q＝700　㎥/s）……205
写真－5.13　減勢工流況（水叩き長：60m，副ダム高：10m，シルなし，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）……206
写真－5.14　減勢工流況（水叩き長：60m，副ダム高：10m，シルなし，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）……206
写真－5.15　減勢工流況（水叩き長：60m，副ダム高：10m，シルなし，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）……206
写真－5.16　減勢工流況（水叩き長：60m，副ダム高：9m，シルなし，
H＝O.P.67.1m，Q＝700　㎥/s）……207
写真－5.17　減勢工流況（水叩き長：60m，副ダム高：9m，シルなし，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）……207
写真－5.18　減勢工流況（水叩き長：50m，副ダム高：10m，シルなし，
H＝O.P.67.1m，Q＝700　㎥/s）……207
写真－5.19　減勢工流況（水叩き長：50m，副ダム高：10m，シルなし，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）……208
写真－5.20　減勢工流況（二次減勢工水叩き長：35m，シル高：4m，
H＝O.P.67.1m，Q＝700　㎥/s）……208
写真－5.21　減勢工流況（二次減勢工水叩き長：35m，シル高：4m，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）……208
写真－5.22　減勢工流況（二次減勢工水叩き長：35m，シル高：3m，
H＝O.P.67.1m，Q＝700　㎥/s）……209
写真－5.23　減勢工流況（二次減勢工水叩き長：35m，シル高：3m，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）……209
写真－5.24　減勢工流況（二次減勢工水叩き長：35m，シル高：2m，
H＝O.P.67.1m，Q＝700　㎥/s）……209
写真－5.25　減勢工流況（二次減勢工水叩き長：35m，シル高：2m，

H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）……210
写真－5.26　減勢工流況（二次減勢工水叩き長：35m，シル高：1m，
H＝O.P.67.1m，Q＝700　㎥/s）……210
写真－5.27　減勢工流況（二次減勢工水叩き長：35m，シル高：1m，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）……210
写真－5.28　減勢工流況（二次減勢工水叩き長：30m，シル高：2m，
H＝O.P.67.1m，Q＝700　㎥/s）……211
写真－5.29　減勢工流況（二次減勢工水叩き長：30m，シル高：2m，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）……211
写真－5.30　減勢工流況（二次減勢工水叩き長：25m，シル高：1m，
H＝O.P.67.1m，Q＝700　㎥/s）……211
写真－5.31　減勢工流況（二次減勢工水叩き長：25m，シル高：1m，
H＝O.P.78.5m，Q＝863　㎥/s）……212
写真－5.32　下流河道流況a（ダム本体：Q＝0㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.21水位：　O.P.20.333m）……212
写真－5.33　下流河道流況b（ダム本体：Q＝0㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.21水位：　O.P.20.333m）……212
写真－5.34　下流河道流況c（ダム本体：Q＝0㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.21水位：　O.P.20.333m）……213
写真－5.35　下流河道流況d（ダム本体：Q＝0㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.21水位：　O.P.20.333m）……213
写真－5.36　下流河道流況a（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.21水位：O.P.22.492m）……213
写真－5.37　下流河道流況b（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.21水位：O.P.22.492m）……214
写真－5.38　下流河道流況c（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，214
断面No.21水位：O.P.22.492m）……214
写真－5.39　下流河道流況d（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.21水位：O.P.22.492m）……214
写真－5.40　下流河道流況a（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.8水位：O.P.24m）……215
写真－5.41　下流河道流況b（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.8水位：O.P.24m）……215
写真－5.42　下流河道流況c（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.8水位：O.P.24m）……215
写真－5.43　下流河道流況d（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.8水位：O.P.24m）……216
写真－5.44　下流河道流況a（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，

断面No.21水位：O.P.24.9m） ……216
写真－5.45 下流河道流況b（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，
断面No.21水位：O.P.24.9m） ……216
写真－5.46 下流河道流況c（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，
断面No.21水位：O.P.24.9m） ……217
写真－5.47 下流河道流況d（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，
断面No.21水位：O.P.24.9m） ……217
写真－5.48 減勢工流況a（原案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700 ㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m） ……217
写真－5.49 減勢工流況b（原案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700 ㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m） ……218
写真－5.50 減勢工流況c（原案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700 ㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m） ……218
写真－5.51 減勢工流況d（原案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700 ㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25m） ……218
写真－5.52 減勢工流況e（原案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700 ㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25m） ……219
写真－5.53 減勢工流況f（原案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700 ㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25m） ……219
写真－5.54 減勢工流況a（比較案C1 1，Type1，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m） ……219
写真－5.55 減勢工流況b（比較案C1 1，Type1，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m） ……220
写真－5.56 減勢工流況c（比較案C1 1，Type1，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m） ……220
写真－5.57 減勢工流況a（比較案C1 1，Type1，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m） ……220
写真－5.58 減勢工流況b（比較案C1 1，Type1，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m） ……221
写真－5.59 減勢工流況c（比較案C1 1，Type1，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m） ……221
写真－5.60 減勢工流況a（比較案C1 1，Type1，H＝O.P.78.5m，ダム本体：Q＝1800㎥/s，
トンネル：Q＝863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m） ……221
写真－5.61 減勢工流況b（比較案C1 1，Type1，H＝O.P.78.5m，ダム本体：Q＝1800㎥/s，
トンネル：Q＝863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m） ……222
写真－5.62 減勢工流況c（比較案C1 1，Type1，H＝O.P.78.5m，ダム本体：Q＝1800㎥/s，
トンネル：Q＝863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m） ……222
写真－5.63 減勢工流況a（比較案C1 1最終案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，

トンネル：Q=700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m） ……222
写真－5.64 減勢工流況b（比較案C1 1最終案，H=O.P.67.1m，ダム本体：Q=800㎥/s，
トンネル：Q=700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m） ……223
写真－5.65 減勢工流況c（比較案C1 1最終案，H=O.P.67.1m，ダム本体：Q=800㎥/s，
トンネル：Q=700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m） ……223
写真－5.66 減勢工流況a（比較案C1 1最終案，H=O.P.67.1m，ダム本体：Q=800㎥/s，
トンネル：Q=700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m） ……223
写真－5.67 減勢工流況b（比較案C1 1最終案，H=O.P.67.1m，ダム本体：Q=800㎥/s，
トンネル：Q=700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m） ……224
写真－5.68 減勢工流況c（比較案C1 1最終案，H=O.P.67.1m，ダム本体：Q=800㎥/s，
トンネル：Q=700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m） ……224
写真－5.69 減勢工流況a（比較案C1 1最終案，H=O.P.78.5m，ダム本体：Q=1800㎥/s，
トンネル：Q=863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m） ……224
写真－5.70 減勢工流況b（比較案C1 1最終案，H=O.P.78.5m，ダム本体：Q=1800㎥/s，
トンネル：Q=863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m） ……225
写真－5.71 減勢工流況c（比較案C1 1最終案，H=O.P.78.5m，ダム本体：Q=1800㎥/s，
トンネル：Q=863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m） ……225
写真－5.72 減勢工流況a（比較案C1 2，Type1，H=O.P.67.1m，ダム本体：Q=800㎥/s，
トンネル：Q=700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m） ……225
写真－5.73 減勢工流況b（比較案C1 2，Type1，H=O.P.67.1m，ダム本体：Q=800㎥/s，
トンネル：Q=700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m） ……226
写真－5.74 減勢工流況c（比較案C1 2，Type1，H=O.P.67.1m，ダム本体：Q=800㎥/s，
トンネル：Q=700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m） ……226
写真－5.75 減勢工流況a（比較案C1 2，Type1，H=O.P.67.1m，ダム本体：Q=800㎥/s，
トンネル：Q=700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m） ……226
写真－5.76 減勢工流況b（比較案C1 2，Type1，H=O.P.67.1m，ダム本体：Q=800㎥/s，
トンネル：Q=700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m） ……227
写真－5.77 減勢工流況c（比較案C1 2，Type1，H=O.P.67.1m，ダム本体：Q=800㎥/s，
トンネル：Q=700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m） ……227
写真－5.78 減勢工流況a（比較案C1 2，Type1，H=O.P.78.5m，ダム本体：Q=1800㎥/s，
トンネル：Q=863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m） ……227
写真－5.79 減勢工流況b（比較案C1 2，Type1，H=O.P.78.5m，ダム本体：Q=1800㎥/s，
トンネル：Q=863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m） ……228
写真－5.80 減勢工流況c（比較案C1 2，Type1，H=O.P.78.5m，ダム本体：Q=1800㎥/s，
トンネル：Q=863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m） ……228
写真－5.81 減勢工流況a（比較案C1 2最終案，H=O.P.67.1m，ダム本体：Q=800㎥/s，
トンネル：Q=700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m） ……228
写真－5.82 減勢工流況b（比較案C1 2最終案，H=O.P.67.1m，ダム本体：Q=800㎥/s，

トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m）……229
写真－5.83　減勢工流況c（比較案C1 2最終案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m）……229
写真－5.84　減勢工流況a（比較案C1 2最終案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m）……229
写真－5.85　減勢工流況b（比較案C1 2最終案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m）……230
写真－5.86　減勢工流況c（比較案C1 2最終案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m）……230
写真－5.87　減勢工流況a（比較案C1 2最終案，H＝O.P.78.5m，ダム本体：Q＝1800㎥/s，
トンネル：Q＝863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m）……230
写真－5.88　減勢工流況b（比較案C1 2最終案，H＝O.P.78.5m，ダム本体：Q＝1800㎥/s，
トンネル：Q＝863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m）……231
写真－5.89　減勢工流況c（比較案C1 2最終案，H＝O.P.78.5m，ダム本体：Q＝1800㎥/s，
トンネル：Q＝863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m）……231
写真－5.90　減勢工流況a（最終案，右岸側放流管単独放流，H＝78.5m，Q＝431.5㎥/s）……231
写真－5.91　減勢工流況b（最終案，右岸側放流管単独放流，H＝78.5m，Q＝431.5㎥/s）……232
写真－5.92　減勢工流況a（最終案，左岸側放流管単独放流，H＝78.5m，Q＝431.5㎥/s）……232
写真－5.93　減勢工流況b（最終案，左岸側放流管単独放流，H＝78.5m，Q＝431.5㎥/s）……232

第6章

写真－6.1　模型完成状況（1倍模型）……238
写真－6.2　模型完成状況（1.5倍模型）……238
写真－6.3　模型完成状況（2倍模型）……238
写真－6.4　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝43.5cm・h1＝1.5cm・Z＝1.5m）……247
写真－6.5　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝43.5cm・h1＝2cm・Z＝1.5m）……247
写真－6.6　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝43.5cm・h1＝3cm・Z＝1.5m）……247
写真－6.7　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝87cm・h1＝3cm・Z＝3m）……248
写真－6.8　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝87cm・h1＝3cm・Z＝3m）……248
写真－6.9　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝87cm・h1＝3cm・Z＝3m）……248
写真－6.10　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝43.5cm・h1＝1.5cm・Z＝1.5m）……257
写真－6.11　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝43.5cm・h1＝2cm・Z＝1.5m）……257
写真－6.12　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝43.5cm・h1＝3cm・Z＝1.5m）……257
写真－6.13　1/1模型副ダム比較形状の流況（D＝87cm・h1＝3cm・Z＝3m）……258
写真－6.14　1/1模型副ダム比較形状の流況（D＝87cm・h1＝4cm・Z＝3m）……258
写真－6.15　1/1模型副ダム比較形状の流況（D＝87cm・h1＝6cm・Z＝3m）……258

付　図　目　次

6章

付図－6.1　流入水脈の流速分布（1/2模型・h1＝1.5cm）……269
付図－6.2　流入水脈の流速分布（1/2模型・h1＝2cm）……270
付図－6.3　流入水脈の流速分布（1/2模型・h1＝3cm）……271
付図－6.4　流入水脈の流速分布（1/1模型・h1＝3cm）……272
付図－6.5　流入水脈の流速分布（1/1模型・h1＝4cm）……273
付図－6.6　流入水脈の流速分布（1/1模型・h1＝6cm）……274
付図－6.7　流入水脈の流速分布（3/2模型・h1＝4.5cm）……275
付図－6.8　流入水脈の流速分布（3/2模型・h1＝6cm）……276
付図－6.9　流入水脈の流速分布（3/2模型・h1＝9cm）……277
付図－6.10　流入水脈の流速分布（1/2模型・h1＝6cm）……278
付図－6.11　流入水脈の流速分布（1/2模型・h1＝8cm）……279
付図－6.12　流入水脈の流速分布（1/2模型・h1＝12cm）……280
付図－6.13　1/2模型副ダム原形状の流況図（D＝43.5cm・h1＝1.5cm）……281
付図－6.14　1/2模型副ダム原形状の流況図（D＝43.5cm・h1＝2cm）……282
付図－6.15　1/2模型副ダム原形状の流況図（D＝43.5cm・h1＝3cm）……283
付図－6.16　1/1模型副ダム原形状の流況図（D＝87cm・h1＝3cm）……284
付図－6.17　1/1模型副ダム原形状の流況図（D＝87cm・h1＝4cm）……285
付図－6.18　1/1模型副ダム原形状の流況図（D＝87cm・h1＝6cm）……286
付図－6.19　流況図（h1＝4.5cm）……287
付図－6.20　流況図（h1＝6cm）……288
付図－6.21　流況図（h1＝9cm）……289
付図－6.22　2/1模型上ブタなしの流況図（h1＝6cm）……290
付図－6.23　2/1模型上ブタなしの流況図（h1＝8cm）……291
付図－6.24　2/1模型上ブタなしの流況図（h1＝12cm）……292
付図－6.25　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……293
付図－6.26　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……294
付図－6.27　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……295
付図－6.28　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……296
付図－6.29　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……297
付図－6.30　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……298
付図－6.31　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……299
付図－6.32　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……300
付図－6.33　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……301
付図－6.34　圧力のパワースペクトル密度……302

付図－6.35　圧力のパワースペクトル密度……303
付図－6.36　圧力のパワースペクトル密度……304
付図－6.37　圧力のパワースペクトル密度……305
付図－6.38　圧力のパワースペクトル密度……306
付図－6.39　圧力のパワースペクトル密度……307
付図－6.40　圧力のパワースペクトル密度……308
付図－6.41　圧力のパワースペクトル密度……309
付図－6.42　圧力のパワースペクトル密度……310
付図－6.43　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）……311
付図－6.44　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）……312
付図－6.45　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）……313
付図－6.46　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）……314
付図－6.47　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）……315
付図－6.48　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）……316
付図－6.49　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）……317
付図－6.50　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）……318
付図－6.51　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）……319
付図－6.52　圧力のパワースペクトル密度……320
付図－6.53　圧力のパワースペクトル密度……321
付図－6.54　圧力のパワースペクトル密度……322
付図－6.55　圧力のパワースペクトル密度……323
付図－6.56　圧力のパワースペクトル密度……324
付図－6.57　圧力のパワースペクトル密度……325
付図－6.58　圧力のパワースペクトル密度……326
付図－6.59　圧力のパワースペクトル密度……327
付図－6.60　圧力のパワースペクトル密度……328
付図－6.61　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……329
付図－6.62　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……330
付図－6.63　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……331
付図－6.64　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……332
付図－6.65　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……333
付図－6.66　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……334
付図－6.67　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……335
付図－6.68　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……336
付図－6.69　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）……337
付図－6.70　圧力のパワースペクトル密度分布……338
付図－6.71　圧力のパワースペクトル密度分布……339
付図－6.72　圧力のパワースペクトル密度分布……340

付図－6.73　圧力のパワースペクトル密度分布……341
付図－6.74　圧力のパワースペクトル密度分布……342
付図－6.75　圧力のパワースペクトル密度分布……343
付図－6.76　圧力のパワースペクトル密度分布……344
付図－6.77　圧力のパワースペクトル密度分布……345
付図－6.78　圧力のパワースペクトル密度分布……346
付図－6.79　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし・暗騒音補正後）……347
付図－6.80　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし・暗騒音補正後）……348
付図－6.81　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし・暗騒音補正後）……349
付図－6.82　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし・暗騒音補正後）……350
付図－6.83　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし・暗騒音補正後）……351
付図－6.84　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし・暗騒音補正後）……352
付図－6.85　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし・暗騒音補正後）……353
付図－6.86　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし・暗騒音補正後）……354
付図－6.87　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし・暗騒音補正後）……355
付図－6.88　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり・暗騒音補正後）……356
付図－6.89　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり・暗騒音補正後）……357
付図－6.90　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり・暗騒音補正後）……358
付図－6.91　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり・暗騒音補正後）……359
付図－6.92　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり・暗騒音補正後）……360
付図－6.93　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり・暗騒音補正後）……361
付図－6.94　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり・暗騒音補正後）……362
付図－6.95　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり・暗騒音補正後）……363
付図－6.96　圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり・暗騒音補正後）……364
付図－6.97　1/2模型副ダム比較形状の流況図(D＝43.5cm・h1＝1.5cm)……365
付図－6.98　1/2模型副ダム比較形状の流況図(D＝43.5cm・h1＝2cm)……366
付図－6.99　1/2模型副ダム比較形状の流況図(D＝43.5cm・h1＝3cm)……367
付図－6.100　1/1模型副ダム比較形状の流況図(D＝87cm・h1＝3cm)……368
付図－6.101　1/1模型副ダム比較形状の流況図(D＝87cm・h1＝4cm)……369
付図－6.102　1/1模型副ダム比較形状の流況図(D＝87cm・h1＝6cm)……370
付図－6.103　圧力のパワースペクトル密度……371
付図－6.104　圧力のパワースペクトル密度……372
付図－6.105　圧力のパワースペクトル密度……373
付図－6.106　圧力のパワースペクトル密度……374
付図－6.107　圧力のパワースペクトル密度……375
付図－6.108　圧力のパワースペクトル密度……376
付図－6.109　圧力のパワースペクトル密度……377
付図－6.110　圧力のパワースペクトル密度……378

付図－6.111　圧力のパワースペクトル密度……379
付図－6.112　圧力のパワースペクトル密度……380
付図－6.113　圧力のパワースペクトル密度……381
付図－6.114　圧力のパワースペクトル密度……382
付図－6.115　圧力のパワースペクトル密度……383
付図－6.116　圧力のパワースペクトル密度……384
付図－6.117　圧力のパワースペクトル密度……385
付図－6.118　圧力のパワースペクトル密度……386
付図－6.119　圧力のパワースペクトル密度……387
付図－6.120　圧力のパワースペクトル密度……388
付図－6.121　圧力のパワースペクトル密度……389
付図－6.122　圧力のパワースペクトル密度……390
付図－6.123　圧力のパワースペクトル密度……391
付図－6.124　圧力のパワースペクトル密度……392
付図－6.125　圧力のパワースペクトル密度……393
付図－6.126　圧力のパワースペクトル密度……394
付図－6.127　圧力のパワースペクトル密度……395
付図－6.128　圧力のパワースペクトル密度……396
付図－6.129　圧力のパワースペクトル密度……397
付図－6.130　圧力のパワースペクトル密度……398
付図－6.131　圧力のパワースペクトル密度……399
付図－6.132　圧力のパワースペクトル密度……400
付図－6.133　圧力のパワースペクトル密度……401
付図－6.134　圧力のパワースペクトル密度……402
付図－6.135　圧力のパワースペクトル密度……403
付図－6.136　圧力のパワースペクトル密度……404
付図－6.137　圧力のパワースペクトル密度……405
付図－6.138　圧力のパワースペクトル密度……406
付図－6.139　圧力のパワースペクトル密度……407
付図－6.140　圧力のパワースペクトル密度……408
付図－6.141　圧力のパワースペクトル密度……409
付図－6.142　圧力のパワースペクトル密度……410
付図－6.143　圧力のパワースペクトル密度……411
付図－6.144　圧力のパワースペクトル密度……412
付図－6.145　圧力のパワースペクトル密度……413
付図－6.146　圧力のパワースペクトル密度……414
付図－6.147　圧力のパワースペクトル密度分布……415
付図－6.148　圧力のパワースペクトル密度分布……416

付図－6.149　圧力のパワースペクトル密度分布……417
付図－6.150　圧力のパワースペクトル密度分布……418
付図－6.151　圧力のパワースペクトル密度分布……419
付図－6.152　圧力のパワースペクトル密度分布……420
付図－6.153　圧力のパワースペクトル密度分布……421
付図－6.154　圧力のパワースペクトル密度分布……422
付図－6.155　圧力のパワースペクトル密度分布……423
付図－6.156　圧力のパワースペクトル密度分布（暗騒音）……424
付図－6.157　圧力のパワースペクトル密度分布（暗騒音）……425
付図－6.158　圧力のパワースペクトル密度分布（暗騒音）……426
付図－6.159　圧力のパワースペクトル密度分布（暗騒音）……427
付図－6.160　圧力のパワースペクトル密度分布（暗騒音）……428
付図－6.161　圧力のパワースペクトル密度分布（暗騒音）……429
付図－6.162　圧力のパワースペクトル密度分布（暗騒音）……430
付図－6.163　圧力のパワースペクトル密度分布（暗騒音）……431
付図－6.164　圧力のパワースペクトル密度分布（暗騒音）……432

付　表　目　次

第3章

付表－3.1　流入部作用圧力分布調査結果（最終案）……433

第4章

付表－4.1　放流管部圧力分布調査結果①（比較案B1，Q=700㎥/s）……434

付表－4.2　放流管部圧力分布調査結果②（比較案B1，Q=700㎥/s）……435

付表－4.3　放流管部圧力分布調査結果③（比較案B1，Q=700㎥/s）……436

付表－4.4　放流管部圧力分布調査結果④（比較案B1，Q=700㎥/s）……437

付表－4.5　放流管部圧力分布調査結果①（比較案B1，Q=800㎥/s）……438

付表－4.6　放流管部圧力分布調査結果②（比較案B1，Q=800㎥/s）……439

付表－4.7　放流管部圧力分布調査結果③（比較案B1，Q=800㎥/s）……440

付表－4.8　放流管部圧力分布調査結果④（比較案B1，Q=800㎥/s）……441

付表－4.9　管路部～シュート部作用圧力分布①（比較案B2，H=O.P.67.1m，Q=745.871㎥/s）……442

付表－4.10　管路部～シュート部作用圧力分布②（比較案B2，H=O.P.67.1m，Q=745.871㎥/s）……443

付表－4.11　管路部～シュート部作用圧力分布③（比較案B2，H=O.P.67.1m，Q=745.871㎥/s）……444

付表－4.12　管路部～シュート部作用圧力分布④（比較案B2，H=O.P.67.1m，Q=745.871㎥/s）……445

付表－4.13　管路部～シュート部作用圧力分布⑤（比較案B2，H=O.P.67.1m，Q=745.871㎥/s）……446

付表－4.14　管路部～シュート部作用圧力分布⑥（比較案B2，H=O.P.67.1m，Q=745.871㎥/s）……447

付表－4.15　管路部～シュート部作用圧力分布⑦（比較案B2，H=O.P.67.1m，Q=745.871㎥/s）……448

付表－4.16　管路部～シュート部作用圧力分布①（比較案B2，H=O.P.78.5m，Q=863㎥/s）……449

付表－4.17　管路部～シュート部作用圧力分布②（比較案B2，H=O.P.78.5m，Q=863㎥/s）……450

付表－4.18　管路部～シュート部作用圧力分布③（比較案B2，H=O.P.78.5m，Q=863㎥/s）……451

付表－4.19　管路部～シュート部作用圧力分布④（比較案B2，H=O.P.78.5m，Q=863㎥/s）……452

付表－4.20　管路部～シュート部作用圧力分布⑤（比較案B2，H=O.P.78.5m，

Q＝863㎥/s） ……453
付表－4.21 管路部～シュート部作用圧力分布⑥（比較案B２，H＝O.P.78.5m，
Q＝863㎥/s） ……454
付表－4.22 管路部～シュート部作用圧力分布⑦（比較案B２，H＝O.P.78.5m，
Q＝863㎥/s） ……455
付表－4.23 放流能力調査結果（模型A）① ……456
付表－4.24 放流能力調査結果（模型A）② ……457
付表－4.25 １条放流時における放流量の比較（模型A） ……458
付表－4.26 放流能力調査結果（模型B）① ……459
付表－4.27 放流能力調査結果（模型B）② ……460

第５章
付表－5.1 減勢工水面形（模型縮尺：1/80，Q＝700㎥/s）……461
付表－5.2 減勢工水面形（模型縮尺：1/62.5，Q＝700㎥/s）……462
付表－5.3 減勢工水面形（模型縮尺：1/40，Q＝700㎥/s）……463
付表－5.4 減勢工水面形（水叩き長：60m，副ダム高：10m，二次減勢工水叩き長：30m，
シル高：2m）……464
付表－5.5 下流河道水面形（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.21水位：O.P.22.492m） ……465
付表－5.6 下流河道水面形（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，
断面No.8水位：O.P.24m）……466
付表－5.7 下流河道水面形（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，
断面No.21水位：O.P.24.939m） ……467
付表－5.8 減勢工水面形状（原案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25m）……468
付表－5.9 減勢工水面形（比較案C１１最終案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s）……469
付表－5.10 減勢工水面形（比較案C１１最終案，H＝O.P.78.5m，ダム本体：Q＝1800㎥/s，
トンネル：Q＝863㎥/s）……470
付表－5.11 減勢工水面形（比較案C１２最終案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s）……471
付表－5.12 減勢工水面形（比較案C１２最終案，H＝O.P.78.5m，ダム本体：Q＝1800㎥/s，
トンネル：Q＝863㎥/s）……472
付表－5.13 下流河道水面形（最終案，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m） ……473
付表－5.14 下流河道水面形（最終案，ダム本体：Q＝800㎥/s，
トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m）……474
付表－5.15 下流河道水面形（最終案，ダム本体：Q＝1800㎥/s，

トンネル：Q=863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m）……475
付表－5.16　給気管内の風速・給気量（最終案）……476

第6章
付表－6.1　実験条件と発生音測定結果一覧……477
付表－6.2　流入水脈の流速測定結果（1/2模型・h1＝1.5cm）……478
付表－6.3　流入水脈の流速測定結果（1/2模型・h1＝2cm）……479
付表－6.4　流入水脈の流速測定結果（1/2模型・h1＝3cm）……480
付表－6.5　流入水脈の流速測定結果（1/1模型・h1＝3cm）……481
付表－6.6　流入水脈の流速測定結果（1/1模型・h1＝4cm）……482
付表－6.7　流入水脈の流速測定結果（1/1模型・h1＝6cm）……483
付表－6.8　流入水脈の流速測定結果（3/2模型・h1＝4.5cm）……484
付表－6.9　流入水脈の流速測定結果（3/2模型・h1＝6cm）……485
付表－6.10　流入水脈の流速測定結果（3/2模型・h1＝9cm）……486
付表－6.11　流入水脈の流速測定結果（2/1模型・h1＝6cm）……487
付表－6.12　流入水脈の流速測定結果（2/1模型・h1＝8cm）……488
付表－6.13　流入水脈の流速測定結果（2/1模型・h1＝12cm）……489

第1章　天ヶ瀬ダム再開発計画の概要

第１章　天ヶ瀬ダム再開発計画の概要

1.1　既設ダムの概要

琵琶湖から流出する河川は瀬田川ただ一つである。瀬田川は瀬田川洗堰の直下流で大戸川を合わせ鹿跳で大石川・信楽川を集めて京都府に入ると、宇治川と呼ばれる。天ヶ瀬ダムから宇治市を経て山城盆地を流下して八幡市に至る宇治川は、ここで宇治川・桂川・木津川の三川が合流して淀川となって、大阪平野を南西へ流下して大阪湾に注いでいる。

この流域は、近畿地方における社会・経済・文化の基盤として、京都を始め、古代より数々の都が栄え、日本史の舞台となってきた。

昭和２８年の台風１３号は、淀川に未曾有の大洪水をもたらし、宇治川は破堤し、沿岸地域に莫大な被害をもたらした。これを契機として淀川水系の治水計画を抜本的に改定する必要が生じ、天ヶ瀬ダム等による洪水調節を根幹とする「淀川水系改修基本計画」が昭和２９年に策定され、ダム建設の運びとなった。

天ヶ瀬ダムは、この計画に基づき淀川の洪水調節・京都府への水道用水の供給・天ヶ瀬発電所における発電を目的として昭和３４年に着工し、総工費６５億円を投じて昭和３９年に完成した多目的ダムである。既設の天ヶ瀬ダムの洪水調節方法は基準点である枚方の計画高水流量を6,950㎥/sとするため、大雨が降る前に予備放流により、あらかじめ天ヶ瀬ダムの水位を最大で標高58.0mの間で低下させ、上流から流れ込んでくる計画高水流量1,360㎥/sの洪水を900㎥/sに調節して放流するものである。

1.2　再開発後の天ヶ瀬ダムの治水計画（案）

淀川本川枚方地点の基本高水流量を17,000㎥/s、計画高水流量を12,000,㎥/sとし、その差5,000㎥/sについて天ヶ瀬ダムをはじめとする上流ダム群で調節する。

天ヶ瀬ダムは、ダム地点の計画高水流量2,300㎥/sのうち1,100㎥/sの洪水調節を行い、宇治地点の計画高水流量1,200㎥/sを安全に流下させる。また、琵琶湖の後期放流時の最大流入量1,500㎥/sを安全に流下させる。

天ヶ瀬ダムの洪水調節方式は、変則一定率一定量方式とし、洪水調節開始流量は、900㎥/s（840㎥/s)、計画最大放流量は、1200㎥/s（1140㎥/s）である。

淀川本川洪水時において、枚方地点の水位が、計画水位に達すると予測される場合には、２次調節を行う。２次調節の放流量は660㎥/s（600㎥/s）である。洪水調節のあとは、速やかに制限水位O.P. 72mまで貯水位を低下させる。

注)（　）書きは、関西電力宇治発電所放流量60㎥/sを除いた流量であり、同発電所運転時のダム放流量は（　）書きの値となる。

1.3　トンネル式放流設備の概要

1.3.1　設計の基本条件

サーチャージ水位、常時満水位	：	O.P.　78.5m
制限水位	：	O.P.　72.0m
発電最低水位	：	O.P.　67.1m
最低水位（迎洪水位）	：	O.P.　58.0m
琵琶湖後期放流流量	：	1,500㎥/s
（トンネル放流設備分担量）		(700㎥/s)
ダム地点調節後流量	：	1,200㎥/s
淀川洪水時調節開始流量	：	900㎥/s
（トンネル放流設備分担量）		(300㎥/s)

・琵琶湖後期放流：洪水後に琵琶湖の水位を速やかに下げるために行う放流

・O.P.：大阪湾の平均海面を基準（0m）とした標高（O.P.＝T.P.＋1.3m）

1.3.2　水理設計条件

(1)放流能力

①最低水位O.P.58.0mにおいて300㎥/sを放流可能なこと

最低水位（迎洪水位）O.P.58.0mにおいて、洪水調節開始流量である900㎥/sまでは、「流入量＝放流量」の操作を行わなければならないが、既存の放流設備は、貯水位O.P.58.0mにおいて600㎥/sの放流能力しかないため、不足分300㎥/sを、トンネル放流設備によって放流する必要がある。

②発電最低水位O.P.67.1mにおいて700㎥/sを放流可能なこと

洪水終了後、琵琶湖の水位を下げるために、制限水位O.P.72.0m～発電最低水位O.P.67.1m（天ヶ瀬ダム貯水池を下池とする用水発電により水位変動）の水位において、琵琶湖後期放流流量1,500㎥/sを放流する必要があるが、既存の設備では、O.P.67.1mにおいて、800㎥/sの放流能力しかないため、不足分700㎥/sをトンネル放流設備によって放流する必要がある。

なお、上記の条件のうち放流能力からみると、後者の条件がより厳しいものとなっている。

(2)流入部

所定の放流能力を満足し、かつ、堤体、基礎地盤および貯水池の安全性に支障無く流下できる構造であること。

流入部呑み口上面に負圧が発生しないこと。

流入部口径に比較して十分な作用水頭を確保することが難しいため、吸い込み渦に伴う空気連行が懸念される。連行された空気がトンネル内で圧縮され、放流とともに膨張し爆発音を発生させることや、同様の現象により放流水脈が乱れる等の悪影響が考えられる。よって、流入部の流況が安定し、管路部へ多量の空気を吸い込まない形状であること。

(3)管路部

壁面作用圧力に許容できない負圧が発生しないこと。

安定した流況が得られる形状であること。

湾曲部の影響により管内流況が悪化しないこと。

(4)放流管部

壁面作用圧力に許容できない負圧が発生しないこと。

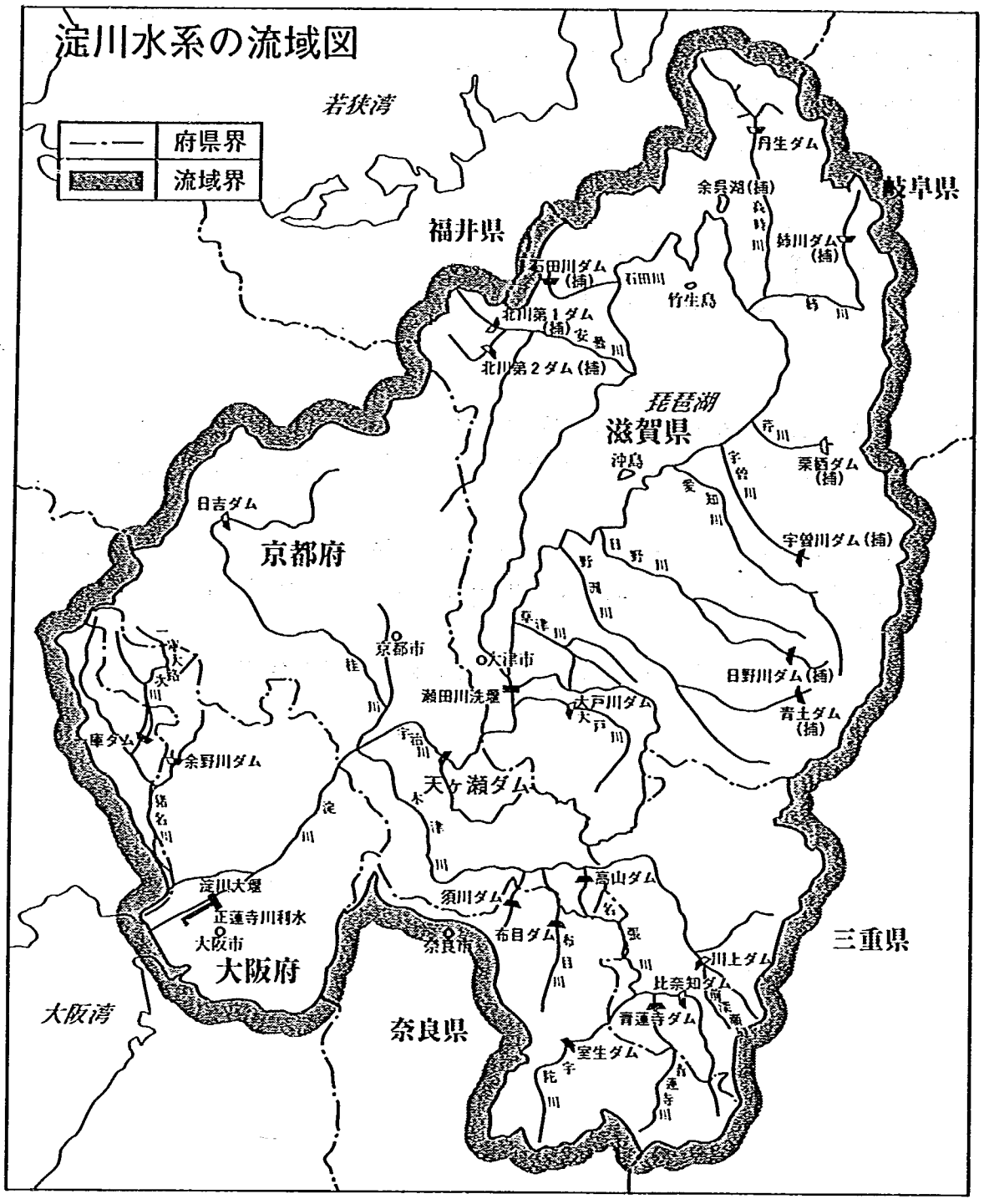
安定した流況が得られる形状であること。

(5)減勢工部

琵琶湖後期放流流量700㎥/s（発電最低水位時）以下の流量については完全に減勢できる規模とし、サーチャージ水位時にゲートを全開にした場合についても極端な流況の悪化を生じさせない規模、形状とすること。

トンネル内で跳水により減勢を行うため、減勢工部の閉塞が懸念される。減勢工部の閉塞は、急激な放流能力の低下および流況の悪化を引き起こす可能性があるため、流況を安定させるために必要な空断面を確保すること。

下流河道への合流によって河道流況の悪化を引き起こさないような合流形状とすること。

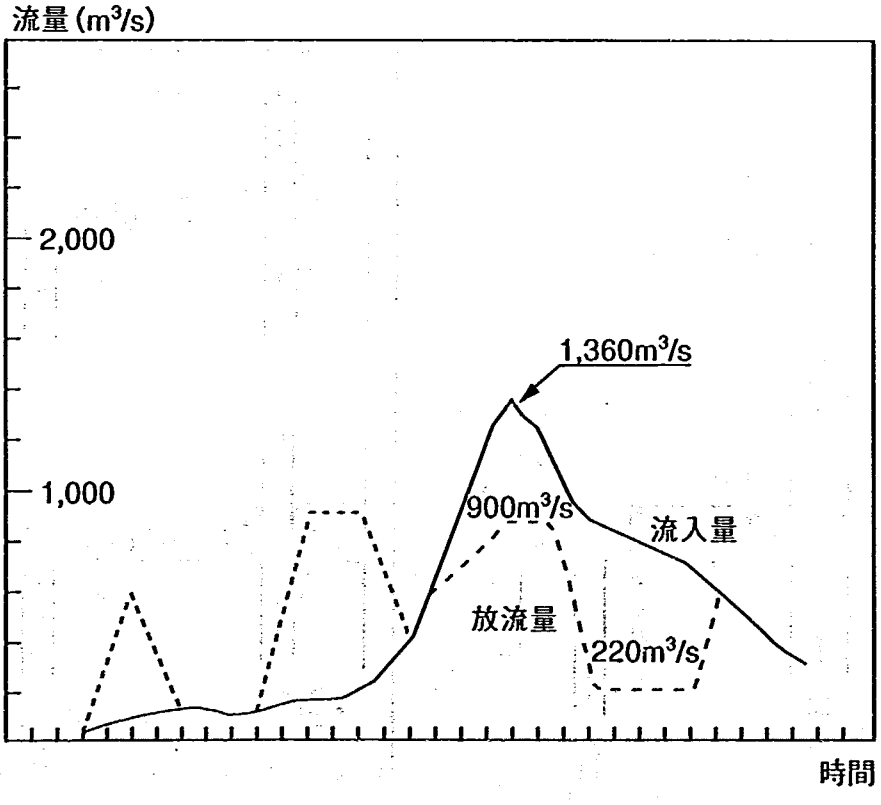

淀川水系の流域図
府県界
流域界
若狭湾
福井県
岐阜県
三重県
滋賀県
京都府
大阪府
奈良県
大阪湾
琵琶湖
丹生ダム
余呉湖(揚)
姉川ダム(揚)
石田川ダム(揚)
北川第1ダム(揚)
北川第2ダム(揚)
竹生島
沖島
栗栖ダム(揚)
宇曽川ダム(揚)
日吉ダム
京都市
大津市
瀬田川洗堰
日野川ダム(揚)
青土ダム(揚)
大戸川ダム
天ヶ瀬ダム
余野川ダム
高山ダム
須川ダム
布目ダム
奈良市
大阪市
正蓮寺川利水
淀川大堰
川上ダム
比奈知ダム
青蓮寺ダム
室生ダム

図－1.1　淀川水系流域図

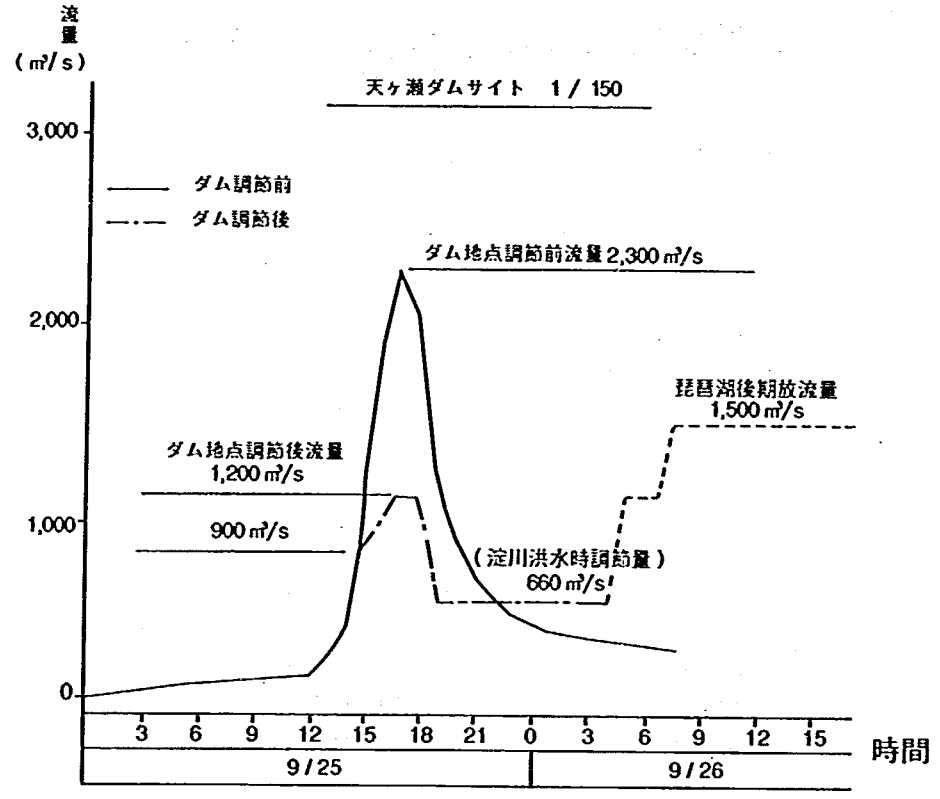
表－1.1　ダムおよび貯水池の諸元

河川名	淀川水系／宇治川
位置	左岸：宇治市槇島町六石山
	右岸：宇治市槇島町槇尾山
流域面積	琵琶湖流域：3,848㎢
	（内湖面積：674㎢）
型式	計（全流域）：4,200㎢
堤長	ドーム型　アーチ式コンクリートダム
堤高	254m
常用放流設備	73m
非常用放流設備	3門：放流量　1,110㎥/s（能力）
渇水面積	4門：放流量　680㎥/s（能力）
常時満水位	1.88㎢
洪水期制限水位	O.P.　78.5m
最低水位	O.P.　72.0m（6/16～10/15）
発電最低水位	O.P.　58.0m
利用水深	O.P.　68.6m
総貯水容量	20.5m
有効貯水容量	26,280,000㎥
治水容量	20,000,000㎥
利水容量	20,000,000㎥
発電容量	600,000㎥
	洪水期：　3,800,000㎥（6/16～10/15）
	非洪水期：　13,480,000㎥

注）O.P.とはT.P.（東京湾平均海面）＋1.3mである。



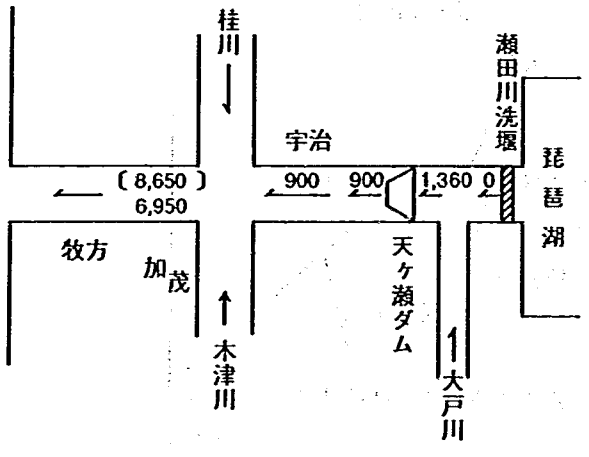
図－1.2　洪水調節図（旧）



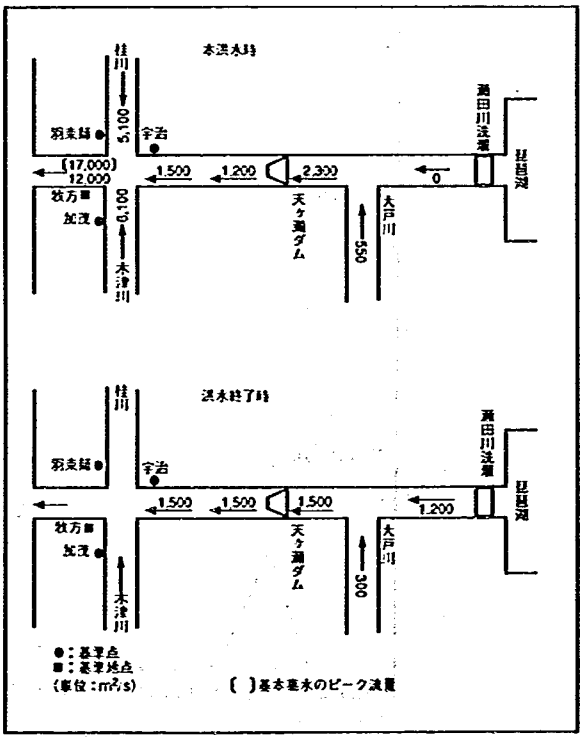
図－1.3　洪水調節図（新）

〈 旧 〉

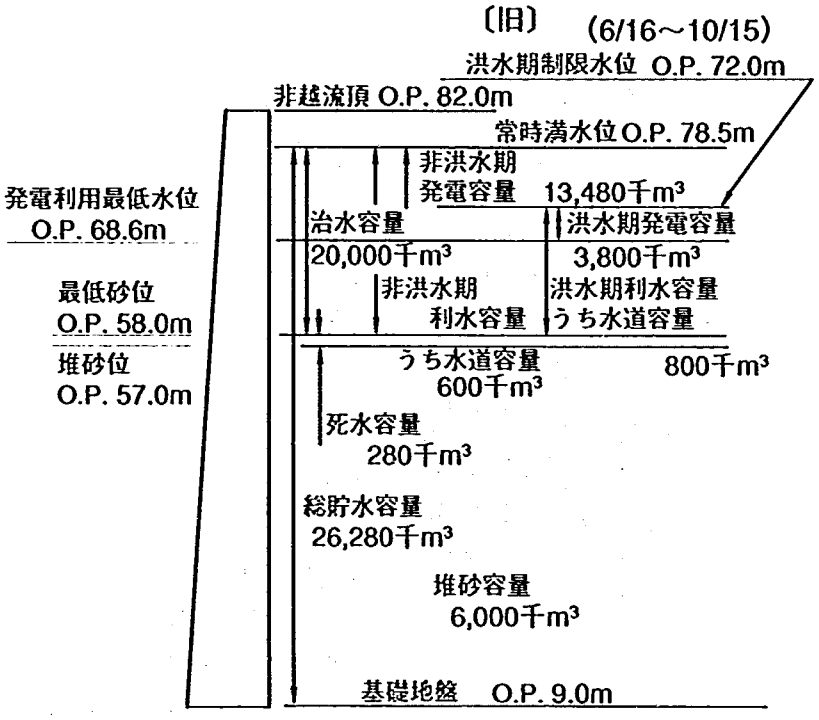
本洪水時（単位．m³/s）



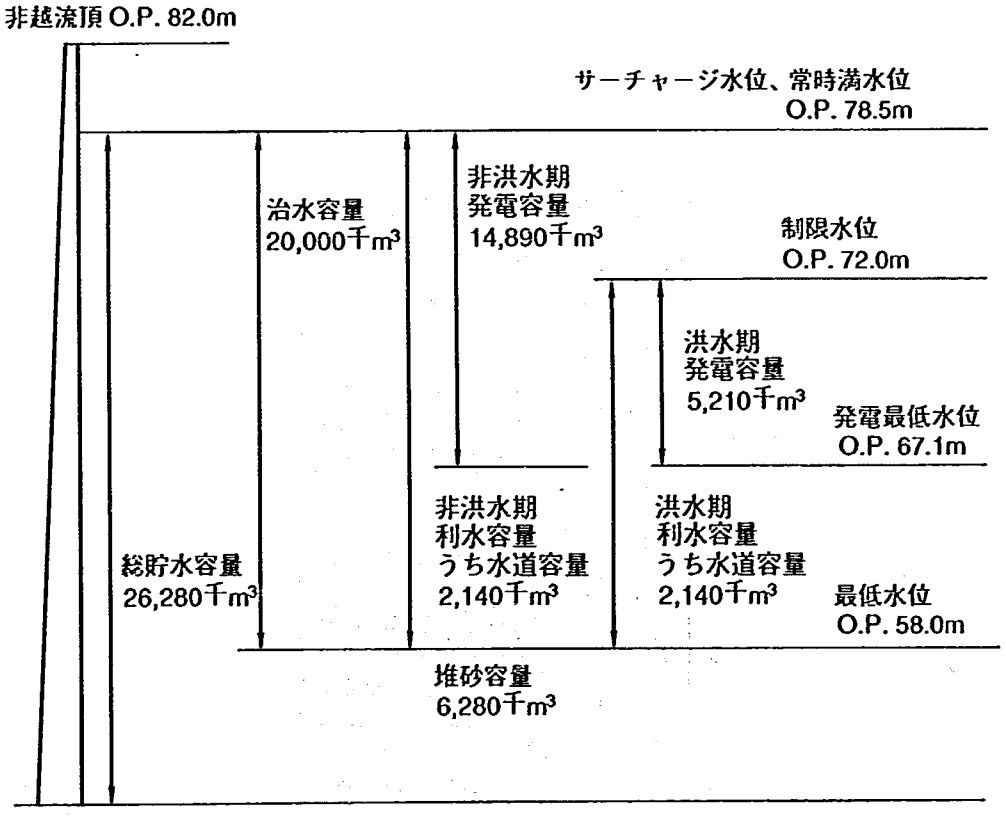
図－1.4　計画洪水流量配分図（旧）



図－1.5　計画洪水流量配分図（新）

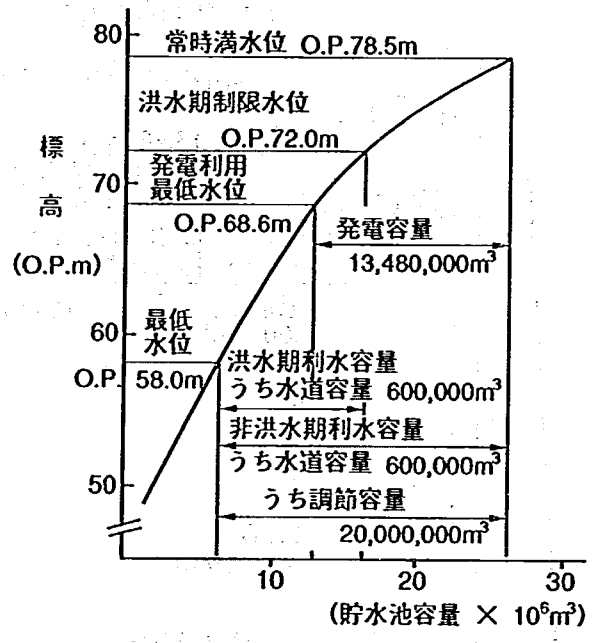


図－1.6 貯水池容量配分図（旧）



図－1.7 貯水池容量配分図（新）

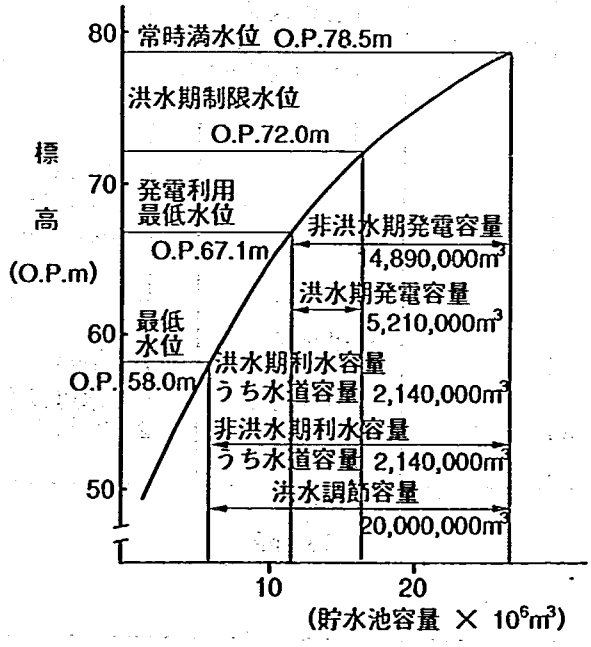
〔旧〕



(1) 貯水位—容量曲線

図－1.8 貯水位～容量曲線（旧）

〔新〕



図－1.9 貯水位～容量曲線（新）

第2章　最終案形状

第２章　最終案形状

最終案形状を図－2.1～2.10に示す。本形状におけるゲート２条放流時の放流量の推定式を以下に示す。

①開水路流時

$$Q = CA\sqrt{2gH} \tag{2-1}$$

$$C = -1.957 + 0.566(H/D) \tag{2-2}$$

ここに、Q ：放流量（㎥/s）

C ：流量係数

A ：断面積（ゲート幅3.6m×ゲート高さ4.8m×2条：34.56㎡）

g ：重力加速度（9.8m/s²）

H ：作用水頭（m）（貯水池水位－ゲート戸当たり標高（O.P.33.0m））

D ：ゲート高さ（4.8m）

②管路流時

$$Q = CA\sqrt{2gH} \tag{2-3}$$

$$C = \sqrt{a\frac{D}{H} + b} \tag{2-4}$$

$$a = -0.2613(G/D) + 2.7355(G/D)^2 - 9.4069(G/D)^3 + 12.331(G/D)^4 - 6.1595(G/D)^5 \tag{2-5}$$

$$b = 0.21526(G/D) - 1.6406(G/D)^2 + 7.4091(G/D)^3 - 10.758(G/D)^4 + 5.5756(G/D)^5 \tag{2-6}$$

ここに、Q ：放流量（㎥/s）

C ：流量係数

A ：断面積（ゲート幅3.6m×ゲート高さ4.8m×2条：34.56㎡）

g ：重力加速度（9.8m/s²）

H ：作用水頭（m）（貯水池水位－ゲート戸当たり標高（O.P.33.0m））

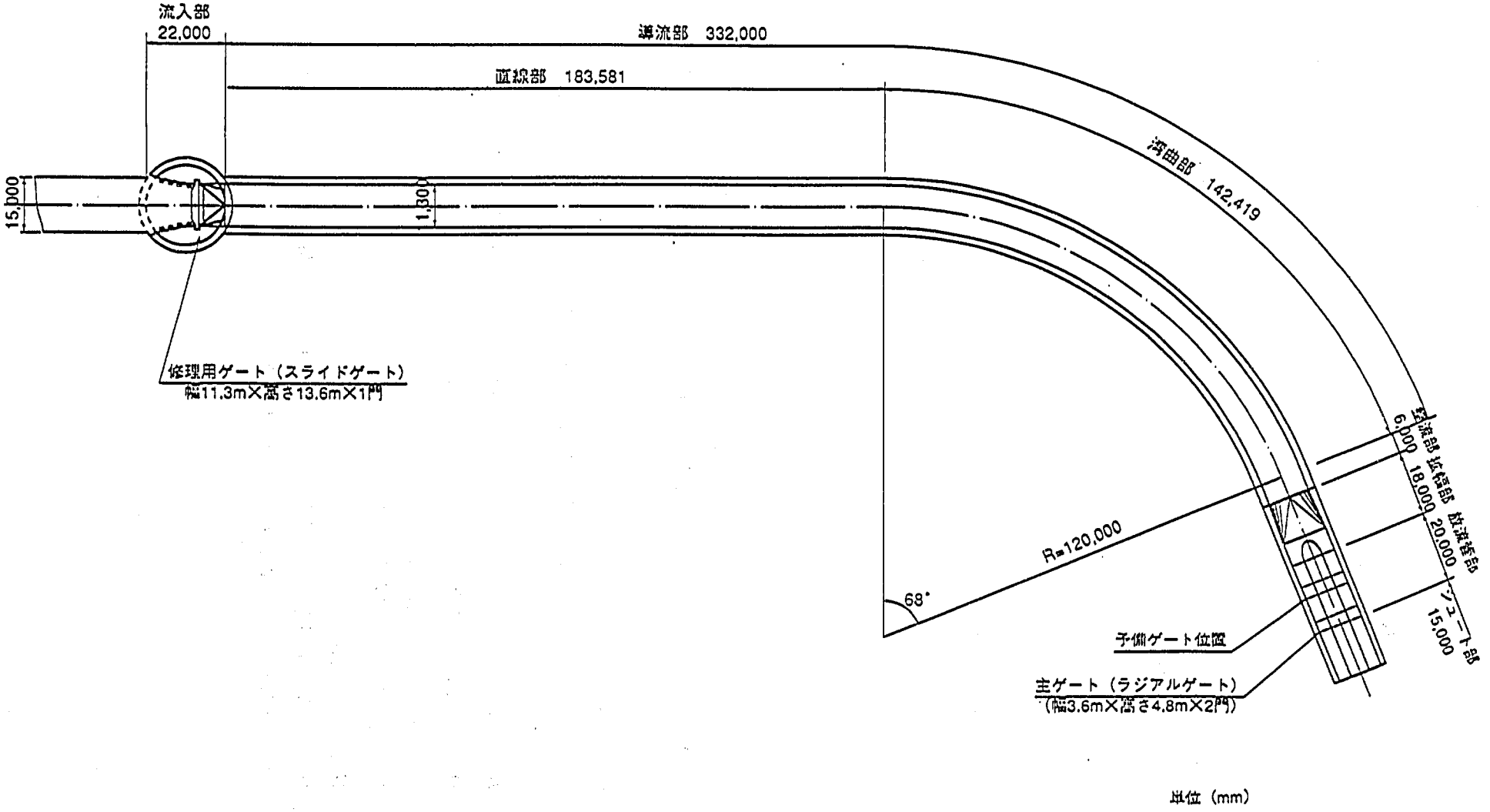
D ：ゲート高さ（4.8m）

a ：実験結果より求める定数

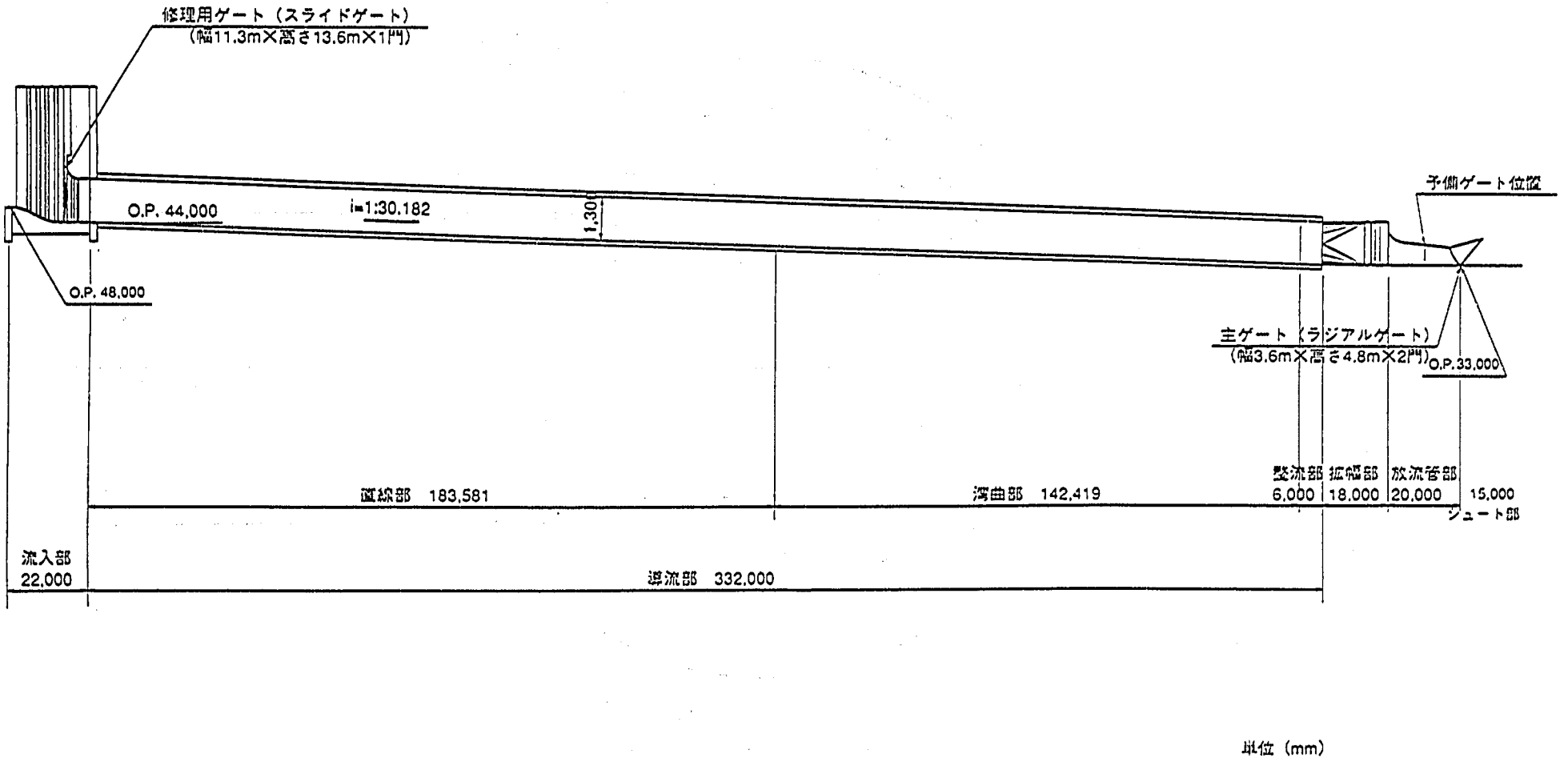
b ：実験結果より求める定数

G ：ゲート開き（m）

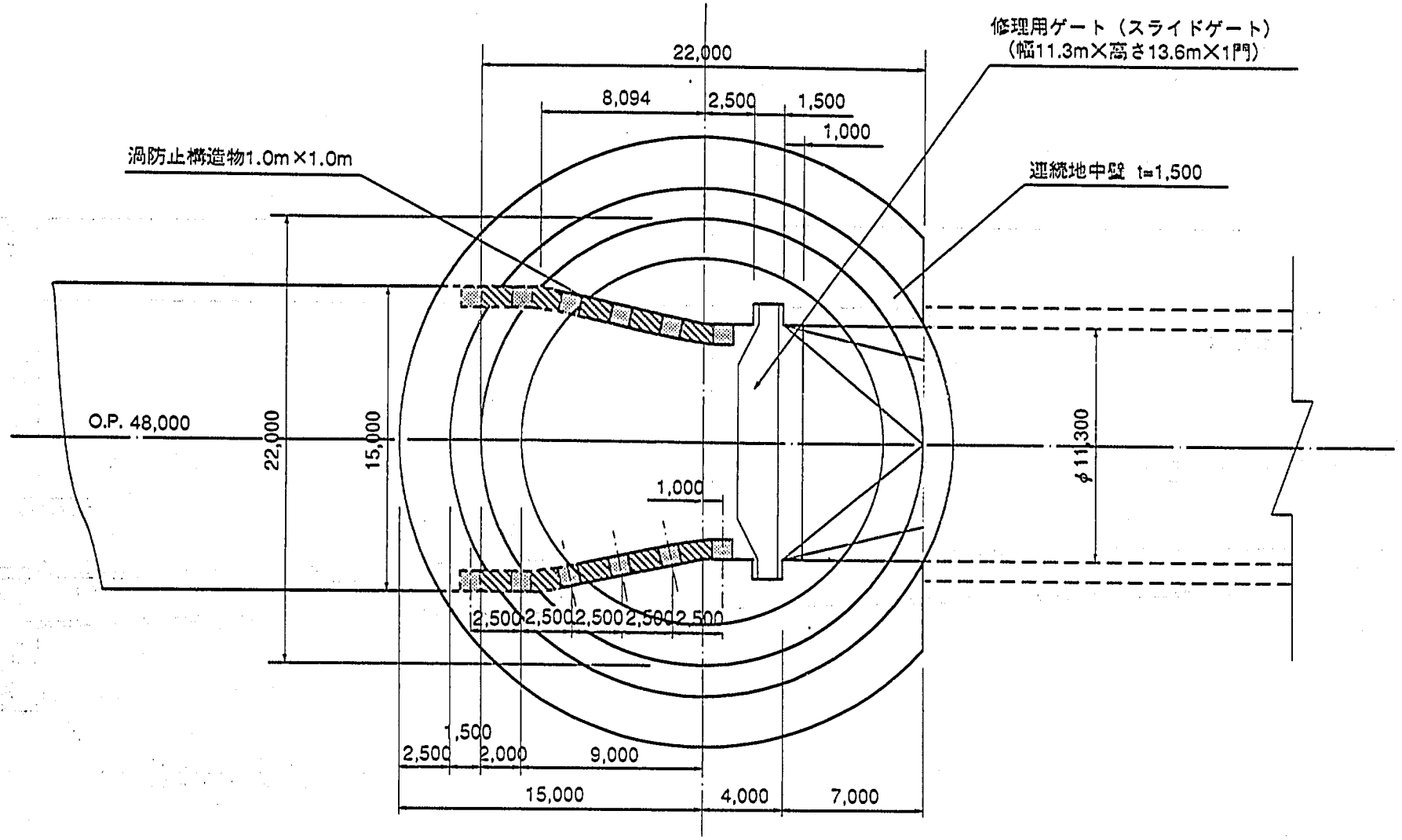
なお、ゲート一条放流量を行った場合の実験結果では、両者の放流能力に顕著な違いは見られず、湾曲による影響は小さいと考えられる。（付表－4.25参照）



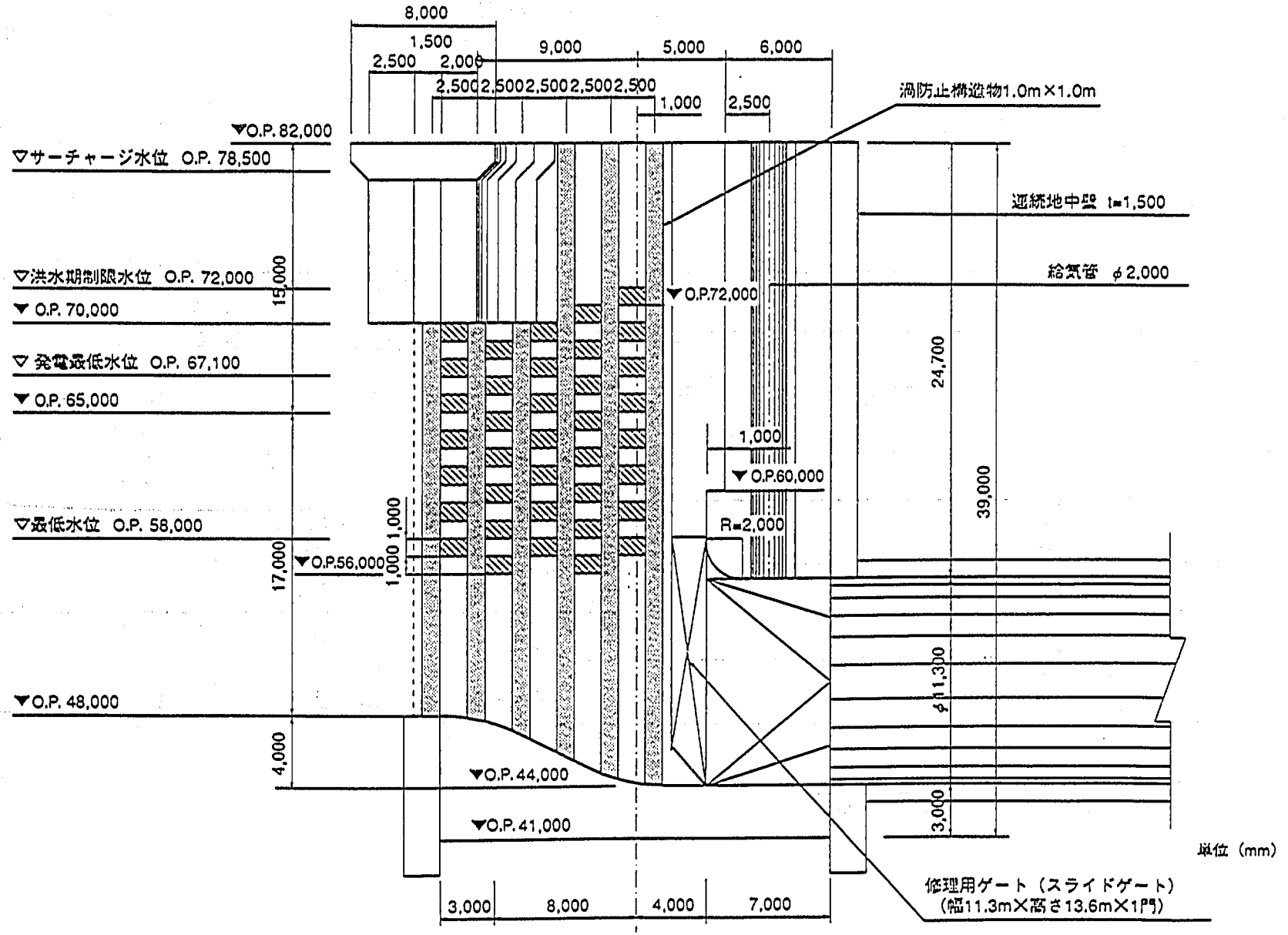
図－2.1　放流設備平面図（最終案）



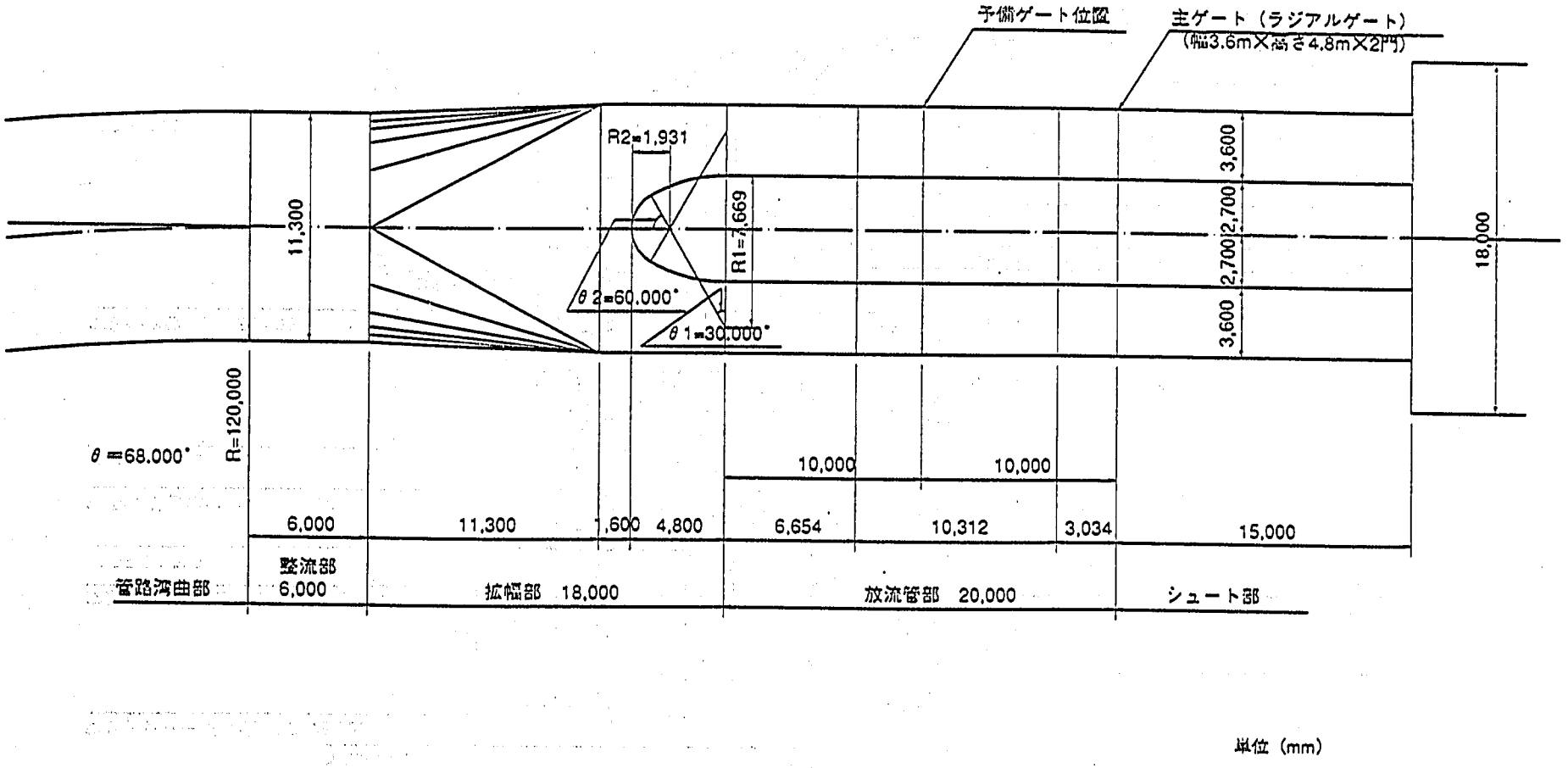
図－2.2 放流設備縦断図（最終案）



図－2.3　流入部平面図（最終案）

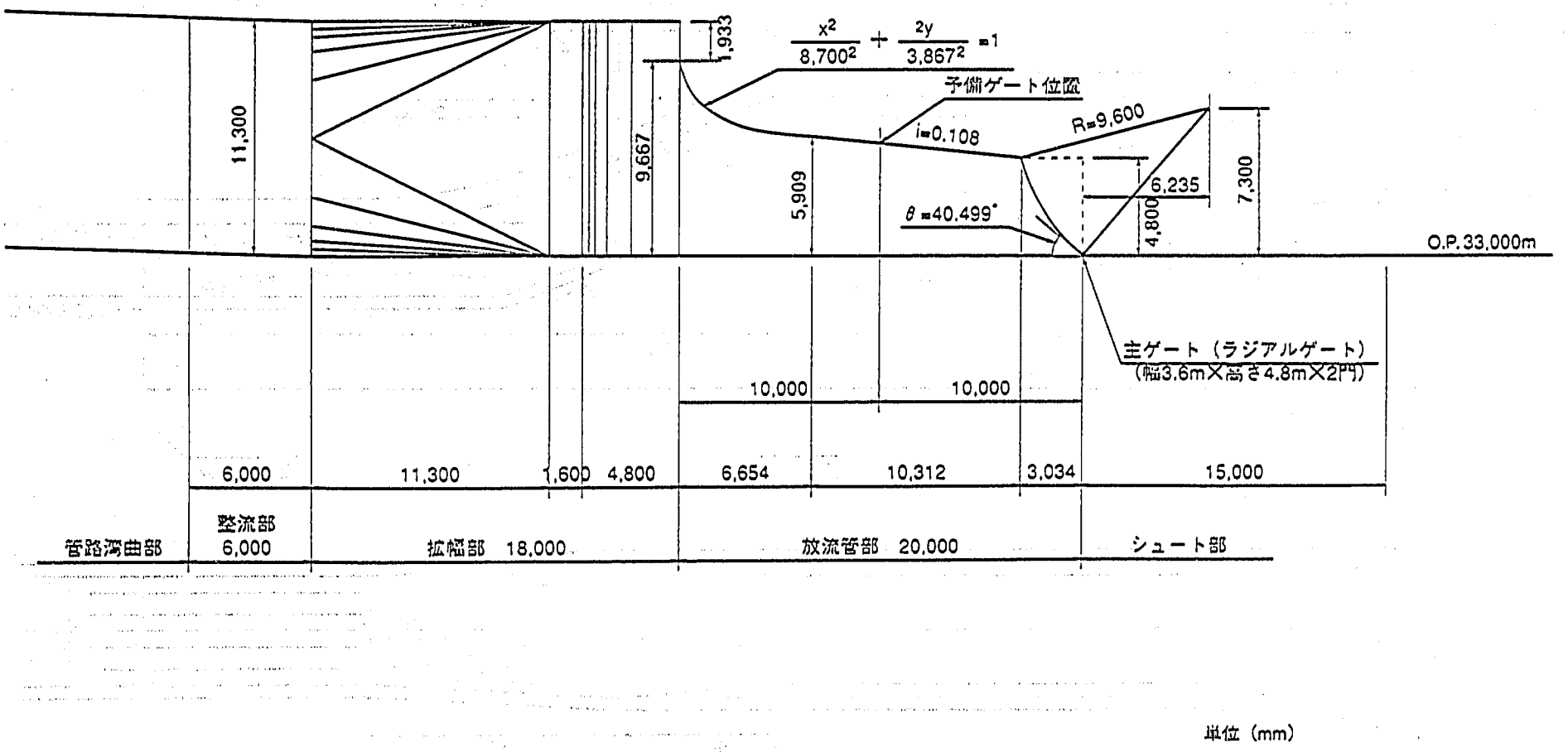


図－2.4　流入部縦断図（最終案）



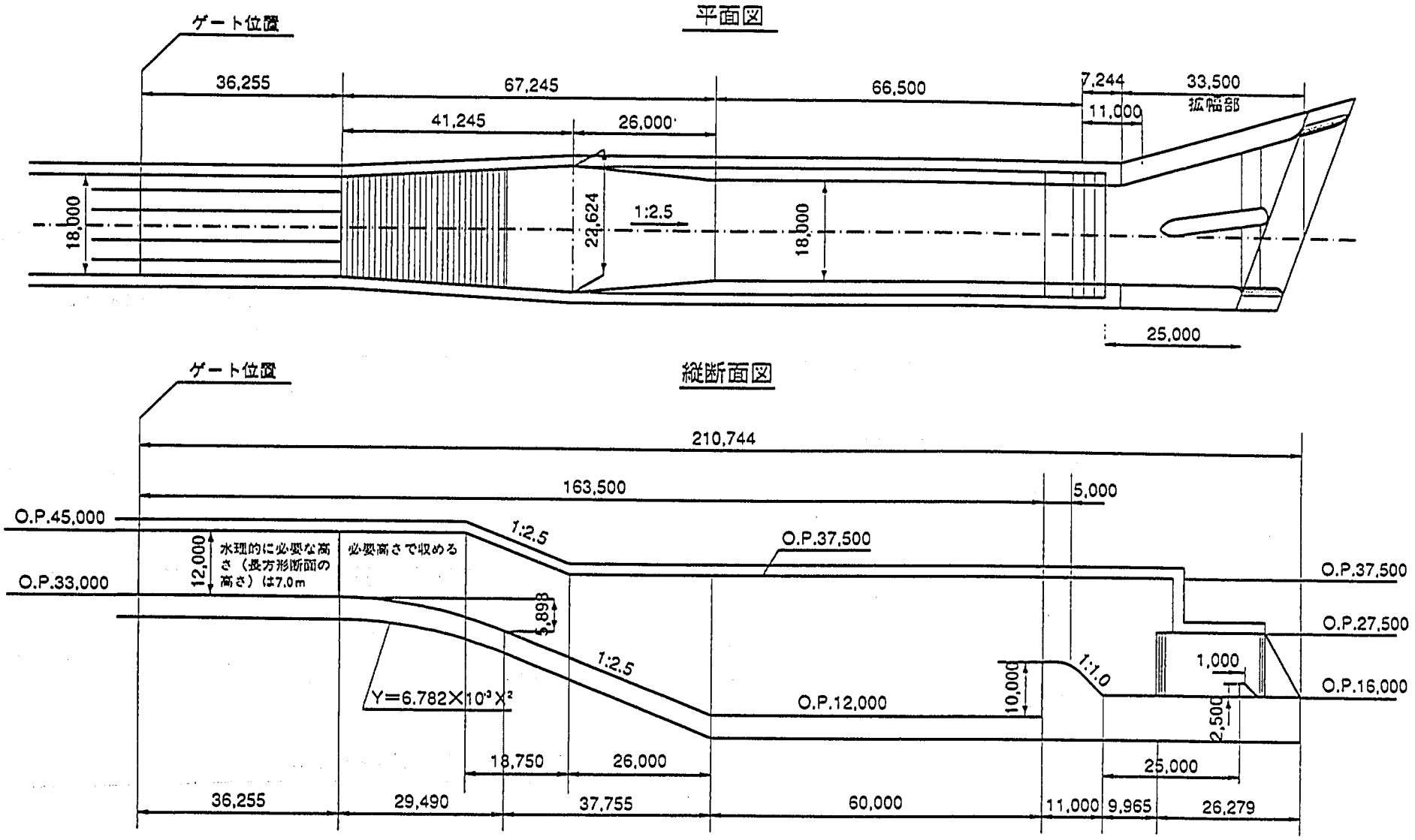
単位（mm）

図－2.5　放流管部平面図（最終案）



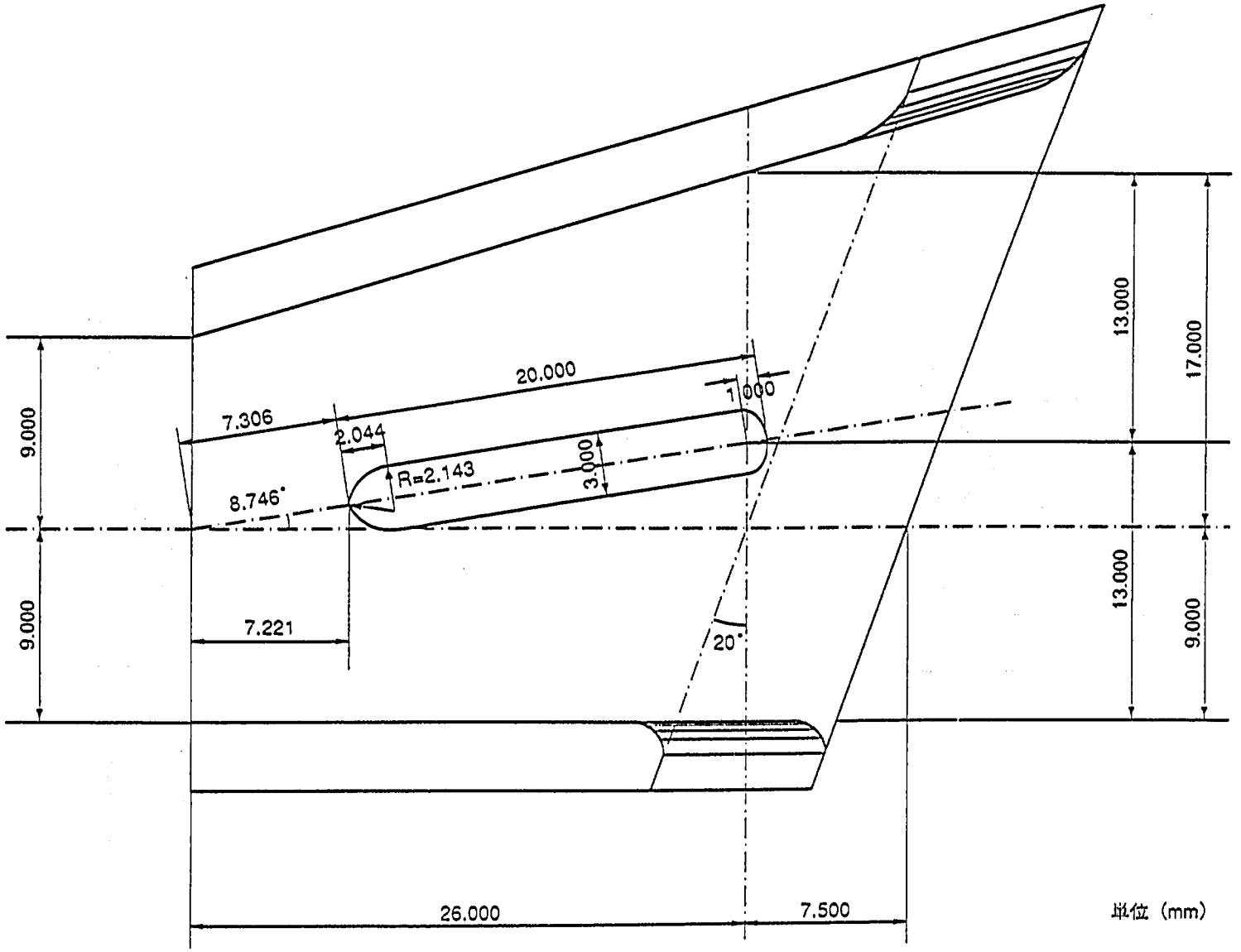
単位（mm）

図－2.6　放流管部縦断図（最終案）



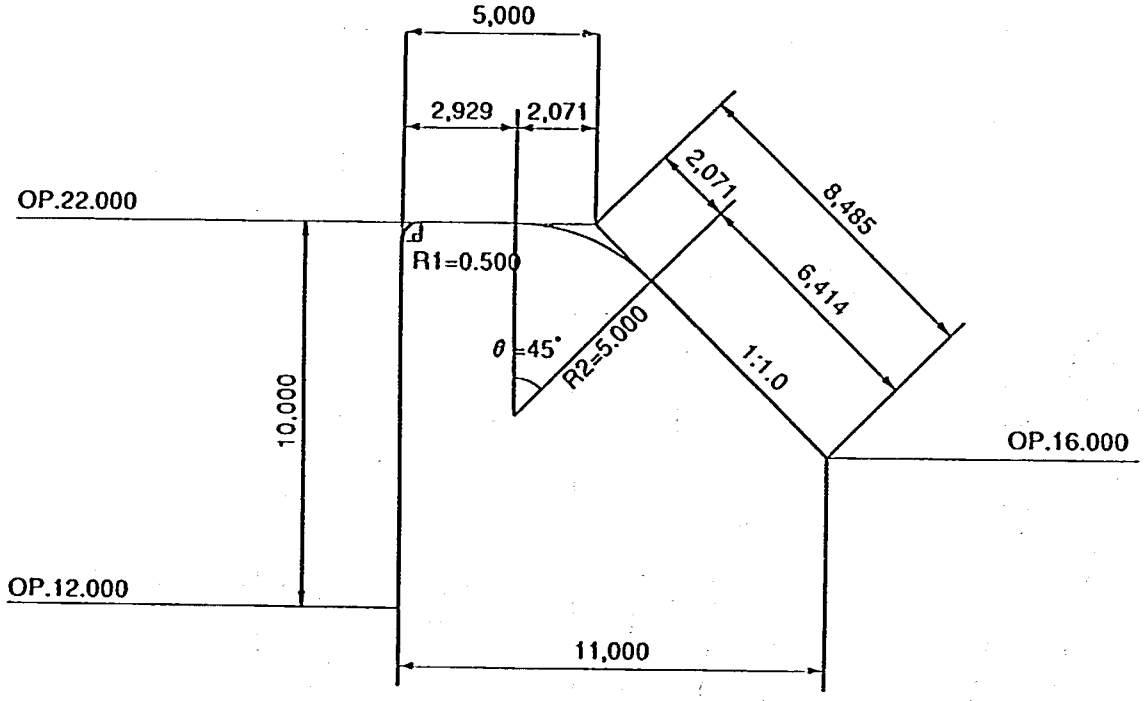
単位（mm）

図－2.7　減勢工部形状図（最終案）

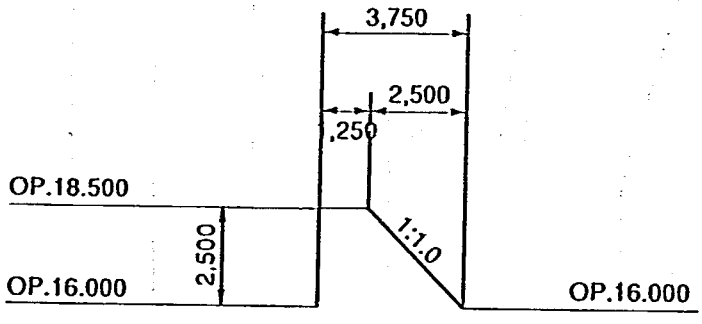


図－2.8　合流部詳細図（最終案）

副ダム詳細図

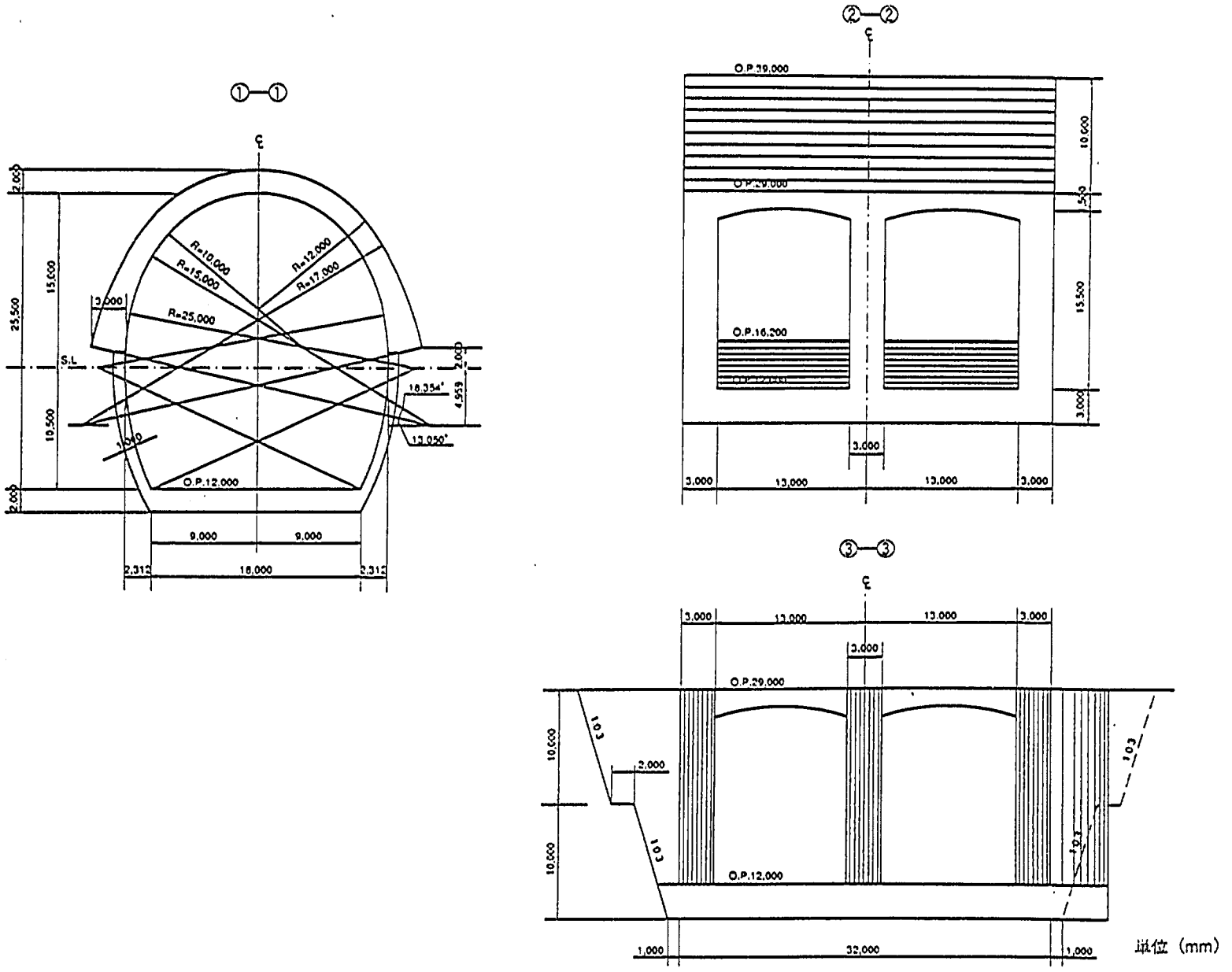


シル詳細図

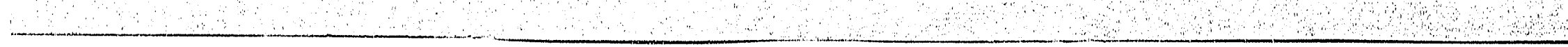


単位（mm）

図－2.9　副ダムおよびシル詳細図（最終案）



図－2.10　減勢工部横断面図（最終案）



第3章　流入部の検討

第3章　流入部の検討

3.1　概　要

流入部に関しては、基本的に次の2点が水理設計上の留意点である。

・安定した流況が得られること

・許容できない負圧が発生しないこと

そこで、水理模型実験により、貯水池内流況、貯水池内流速、流入部流況、作用圧力を調査し流入部の形状を検討した。

天ヶ瀬ダムトンネル放流設備の場合には、流入口の口径と比較して貯水位が低いため、吸い込み渦による空気の連行が懸念された。連行された空気がトンネル内で圧縮され、放流とともに膨張し爆発音を発生させたり、同様の現象により放流水脈の乱れを生じさせる恐れがあるため、できる限り空気の混入量を少なくする必要がある。そこで、水理模型実験により、吸い込み渦の発生を抑制できるような流入部形状について検討を行った。

3.2　実験方法

3.2.1　模　型

模型の縮尺は、測定の精度、模型の範囲、実験施設の規模、経済性を考慮して1/40とした。流入部のピアについては木製、管路部および放流管部についてはアクリル製、貯水池内地形については、表面モルタル仕上げとした。

3.2.2　相似則

今回対象とする放流設備の流れについては、慣性力と重力とが卓越する現象である。よって、実物と模型のFroude数を等しくするFroudeの相似則を適用する。

表－3.1　模型に対する諸量の縮尺

諸量	次元	記号	縮尺
長さ	L	K_L	1/40
時間	T	$K_T=K_L^{1/2}$	1/6.325
流速	LT^{-1}	$K_V=K_L^{1/2}$	1/6.325
流量	L^3T^{-1}	$K_Q=K_L^{5/2}$	1/10119
粗度係数	$L^{-1/3}T$	$K_n=K_L^{1/6}$	1/1.849

なお、本書で取り扱う数値は、特に断らない限り実物換算した値である。

3.2.3　計測方法

(1)流　量

流量は給水管に設置されている電磁流量計のデジタルインジケータ表示値10個の平均値を用いる。

(2)水位および壁面作用圧力

水位、壁面作用圧力は、模型に設置するマノメータ、ポイントゲージにより測定する。

(3)流速

貯水池内流入部付近の流速は、測定地点の流向を調査した後、流れの向きに合わせてプロペラ式小型流速計を設置し測定する。

(4)空気混入量

アクリル製の管路部および、放流管部を目視によって観察し、気泡の通過の様子より、流入部からの空気混入の程度を判断した。

(5)流況観察

スケッチ、ビデオ、カラー写真により流況を記録する。

3.3 実験結果

3.3.1 門 数

流入部の門数が吸い込み渦の発生に関係する要因の一つであると考え、門数について検討を行った。比較形状としては、比較案A1（2門案、図−3.1、3.2、写真−3.1、3.2）と比較案A2（1門案、図−3.9、3.10、写真−3.9、3.10）を設定し、実験を行った。実験対象流量は、300㎥/s（最低水位 O.P. 58.0m)、700㎥/s（発電最低水位 O.P.67.1m)、最大可能放流量（サーチャージ水位 O.P.78.5mでゲート全開時の放流量）の3流量とした。なお、比較案A1と比較案A2の最大可能放流量を調査した結果、比較案A1：858㎥/s、比較案A2：863㎥/sであった。

比較案A1の実験結果について述べる。比較案A1は、放流量300㎥/sにおいては、ゲートの戸溝内に小さな渦が発生し若干の空気を混入するため、放流管部のベルマウス始端付近には多量の空気が溜まった（図−3.3、3.4、写真−3.3、3.4)。放流量700㎥/s、858㎥/sの場合は、ともに、中央のピアから剥離した流れによって左右対称な吸い込み渦が発生し、管路内に多量の空気を連行した（図−3.5〜3.8、写真−3.5〜3.8)。

比較案A2の場合は、放流量300㎥/sの場合、吸い込み渦の発生はみられず、目視によっては、管路内への空気の混入はみられなかった。しかし、目視ではとらえられない微量な空気を連行しているようで、放流管部のベルマウス始端付近には少量の空気が溜まった（図−3.11、3.12、写真−3.11、3.12)。放流量700㎥/sについては流入部に吸い込み渦が発生し、少量の空気を連行したが、渦の規模は比較案A1と比較して小さく、流水の勢いによって流されてしまうため、ベルマウス始端付近管路部内に空気が溜まることはなかった（図−3.13、3.14、写真−3.13、3.14)。863㎥/sでは、吸い込み渦の発生は見られるものの管路部内への空気の連行はみられなかった（図−3.15、3.16、写真−3.15、3.16)。

2門案の場合は、流入口の断面積が1門案に比べて小さくなるため、局所的な吸引力が大きくなり、吸い込み渦が発生しやすくなると推測される。よって門数については、空気の混入量が少なく流況の安定した比較案A2（1門案）を採用する。

3.3.2 前庭部高さ

流入口の前庭部高さが流況に影響を与える要因であると考え検討を行った。

流況を定量的に比較するための一つの指標として、一定位置における流速測定を行った。流速測定位置は、流入部平面円の中心からの距離15m、35m、55mとし、該当する測定ポイントで平面的に固定した位置において、計測器を鉛直方向に移動させながら測定し、もっとも速い流速値を測定ポイントの測定値とした。つまり、鉛直方向についての平面流速の最大値を測定結果とした。

前庭部の高さとしては、O.P.44m、O.P.46m、O.P.48mの3種類について実験を行った（図−3.17)。

実験の結果、前庭部高さの影響については、前庭部の敷き高を下げることにより流速が若干低減される結果となった（図−3.18~3.20)。しかし、敷き高の違いによる流況の差異は、見られなかったため、前庭部高さを下げることによる流況の改善効果は小さいと判断し、流入部の掘削量が軽減されるため、経済的に有利な前庭部高さO.P.48mを採用する。

3.3.3 流入部形状（桟の設置）

ここまでの検討による流入部形状においては、貯水位と放流量の組み合わせによって吸い込み渦の発生および空気の混入が見られる場合があることから、さらに流況を改善するため、流入部形状の検討を行った。

吸い込み渦は、水面から流入口まで滑らかに気柱が出来る場合、もしくは、小さな気柱から気泡が分離して吸い込まれることによって空気を混入する。そこで、流入部直上流の流れを、意図的に乱れさせることによって渦の発達を抑制し、空気の混入量を減少させる方向で検討を行った。流れを乱すための形状については、試行錯誤的に模型の改造を行い予備検討を行った結果、流入部内壁に桟のような構造物を設置することが流入渦の発生の抑制と空気の吸い込みの軽減に効果があることが確かめられた。

そこで、最適な桟の規模を決めるために、桟の大きさと配置を変化させて実験を行った。その結果を表−3.2に示す。

これをみると、幅1.0m×長さ1.0mの桟を縦断方向に横方向間隔2.5mで配置する形状が渦の規模が小さく空気の混入量が小さいので、この形状を比較案A3として採用する（図−3.21、3.22、写真−

表−3.2 桟形状を変化させた実験結果

桟の規模	流　況
幅1.0m×長さ1.0m、縦断方向2.0m間隔に配置	放流量700㎥/sおよび863㎥/sともに大きな渦が左右両岸に発生、空気を混入した。
幅1.0m×長さ1.0m、縦断方向2.5m間隔に配置	放流量700㎥/sでは小さい渦が左右両岸に2箇所発生、微量の空気が混入した。863㎥/sでは渦の発生は見られたが空気の混入はなかった。
幅1.0m×長さ1.0m、縦断方向3.0m間隔に配置	2.5m間隔の場合に比べると放流量700㎥/sおよび863㎥/sともに渦の大きさが若干大きくなった。また、桟と桟の間にも渦が発生するようになった。
幅0.5m×長さ0.5m、縦断方向2.0m間隔に配置	放流量700㎥/sおよび863㎥/sともに大きな渦が左右両岸に発生し、空気を混入した。
幅0.5m×長さ0.5m、縦断方向2.0m間隔に配置	放流量700㎥/sおよび863㎥/sともに大きな渦が左右両岸に発生し、空気を混入した。また桟と桟の間にも渦が発生した。

3.17、3.18)。比較案A3の流況の実験結果を図－3.23～3.30、写真－3.19～3.26に示す。

3.3.4 前面壁下端標高

流入部の建設時には、施工段階で止水壁とピア本体を兼ねた円柱状の構造物を作り、最後に穴をあけて流入口とする方法が考えられており、流入部の前面壁をできるだけ残しておくことが施工性、経済性から見て有利である。そこで、流況に悪影響を及ぼさない範囲で前面壁下端標高をどこまで下げられるかを検討した。

比較検討を行った形状は、前面壁下端標高についてO.P.72m（比較案A4)、O.P.70m（比較案A5)、O.P.68m（比較案A6）の３種類である。放流量としては、湧き上がりが大きくなる可能最大放流量の863㎥/sに設定して実験を行った。

実験結果を表－3.3、写真－3.27～3.32に示す。流入部前面壁を残すことによって流入部内部の水面の湧き上がりが大きくなることが懸念されたが、各ケースの流況をみる限り、前面壁下端標高の相違による流入部内湧き上がりの程度に顕著な相違は無かった。一方、水面変動量をみると比較案A4と比較案A5の差は比較的小さい（0.05m）が、比較案A5と比較案A6では、より大きな水位面変動差(0.10m）がみられた。また、比較案A5と比較案A4では、流入部内の湧き上がりは周期的であるが、比較案A6では常時湧き上がりが生じており、流況がより不安定である。これらの点から、比較案A5を採用することとした（図－3.31、3.32)。

表－3.3 前面壁下端標高を変化させた実験結果

ケース	前面壁下端標高	流入部内水面変動	流入部上流流況	流入部内流況
比較案A4	O.P.72m	0.15m	特に変化無し	周期的に湧き上がる
比較案A5	O.P.70m	0.20m	特に変化無し	周期的に湧き上がる
比較案A6	O.P.68m	0.30m	特に変化無し	常時湧き上がる

3.3.5 最終案形状

以上の検討により求められた流入部形状については、放流量300㎥/sおよび863㎥/sでは特に問題ないが、457㎥/sおよび700m/sでは桟と桟の間に渦が発生し空気を混入した。

そこで、桟と桟の間の吸い込み渦発生の抑制、空気混入の軽減のために、高さ1mの構造物を、鉛直方向に1mの間隔で配置するものとした。この形状は試行錯誤的な検討によって求められたものである。

本形状の流況について表－3.4に示す

本形状においても、なお小さな吸い込み渦の発生と微量ではあるが空気の混入が見られた。しかし700㎥/s以上の流量では混入した空気は、管路内に空気溜まりをつくることなくフラッシュされてゲート下流に流下した。またそれ以下の流量で見られた空気の混入では、拡幅部上部ベルマウス始端付近に排気管を設置することで流況に影響することなく十分排気可能であると判断した（図－3.37～3.45、写真－3.36～3.43)。

表－3.4　最終案形状の流況

ケース	流入部付近流況	管路部の流況
貯水位O.P.58.0m 放流量300㎥/s	戸溝内に0.3m程度の小さい渦が周期的に発生するが空気の混入は目視によっては見られなかった。流入部内の水面変動は0.08m程度と小さく、安定した穏やかな流れであった。	管路部では空気の混入はなく、また顕著な乱れも見られず安定した流況であった。しかし拡幅部上部のベルマウス始端付近に細かい気泡が溜まった。しかしこの程度の微量な空気量であれば、排気管を設置することにより排気が可能となるため問題はないものと思われる。
貯水位O.P.64.3m 放流量457㎥/s	流入部下流側の側壁沿いに周期的に0.4m～0.6m程度の小さい吸い込み渦が2箇所発生し微量の空気を混入した。しかし、流入部内は水面や流向の偏りはなく、水面変動も0.1m程度と小さく、安定した流れであった。	管路部では顕著な乱れも見られず、安定した流況であった。しかし、微量ではあるが流入部より細かい気泡が連行され拡幅部上部ベルマウス始端付近に空気が溜まったが、排気管により排気可能と思われる。
貯水位O.P.67.1m 放流量700㎥/s	流入部の流況は、放流量457㎥/sとほぼ同様であり、周期的に0.5m～0.8m程度の小さい吸い込み渦が発生し、微量の空気を混入した。しかし、流入部内は水面変動が0.15m程度と小さく安定した流況であった。	管路部では安定した流れであり、流入部より混入した気泡は管路部～放流管部～シュート部をそのまま流下し、空気が溜まることはなかった。
貯水位O.P.78.5m 放流量863㎥/s	流入部内は周期的に湧き上がりが見られるが、湧き上がりの規模は小さく0.2m程度であった。また、渦の発生や空気の混入もなく安定した流況であった。	管路部では空気の混入はなく、安定した流況であった。拡幅部に空気が溜まることはなかった。

この形状について、流入部上面の作用圧力を調査した。図－3.35にピエゾ管の設置位置、図－3.36に実験結果を示した。これをみると、300㎥/s、457㎥/s、700㎥/s、863㎥/sのどの流量においても負圧はみられず、問題はない。なお、これまでの検討形状についても作用圧力の測定を行っているが、負圧は生じなかった。

よってこの形状を流入部の最終案形状とする（図－3.33、3.34、写真－3.33～3.35)。

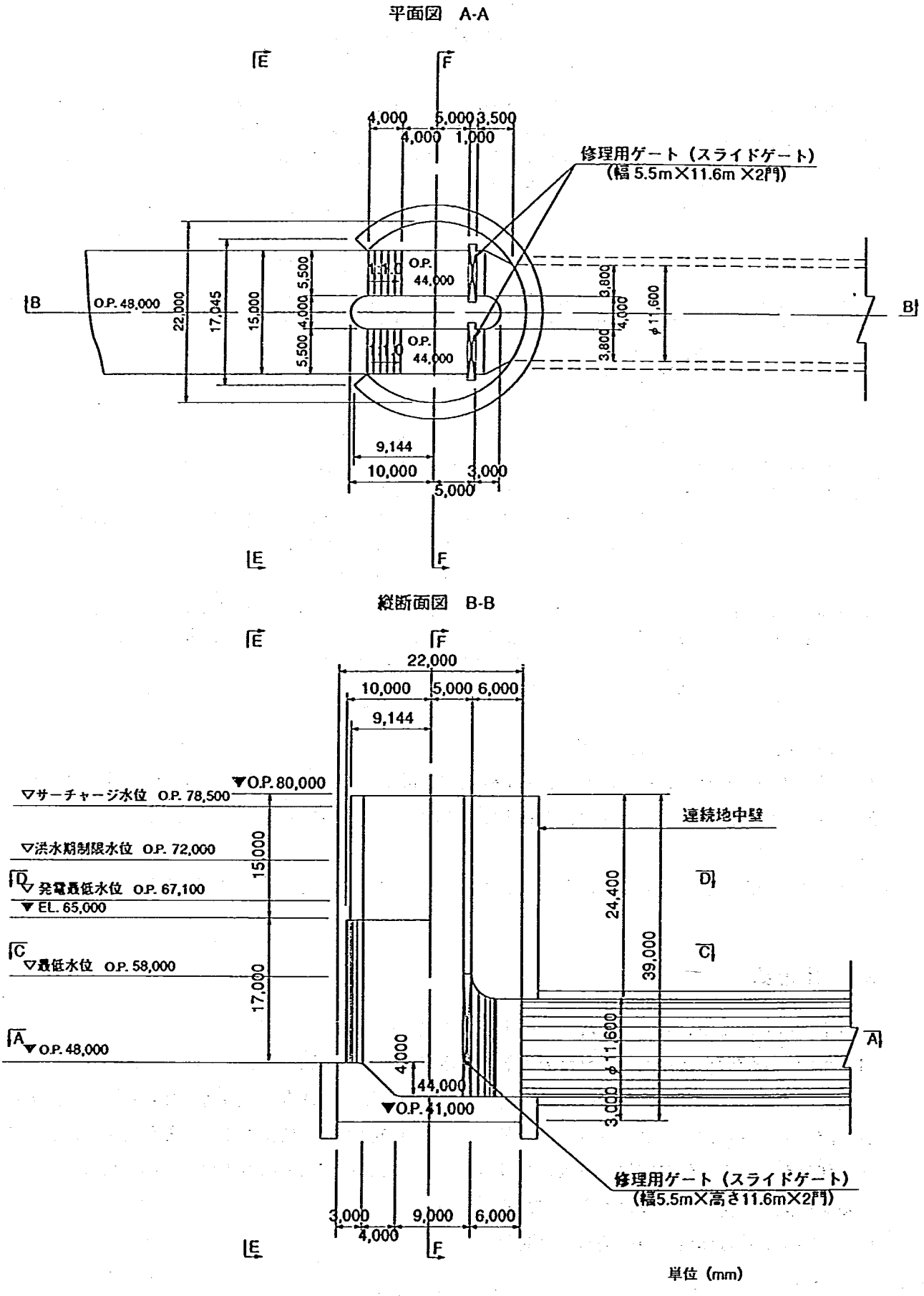
3.4　まとめ

以上、流入部について調査を行った結果を以下にまとめる。

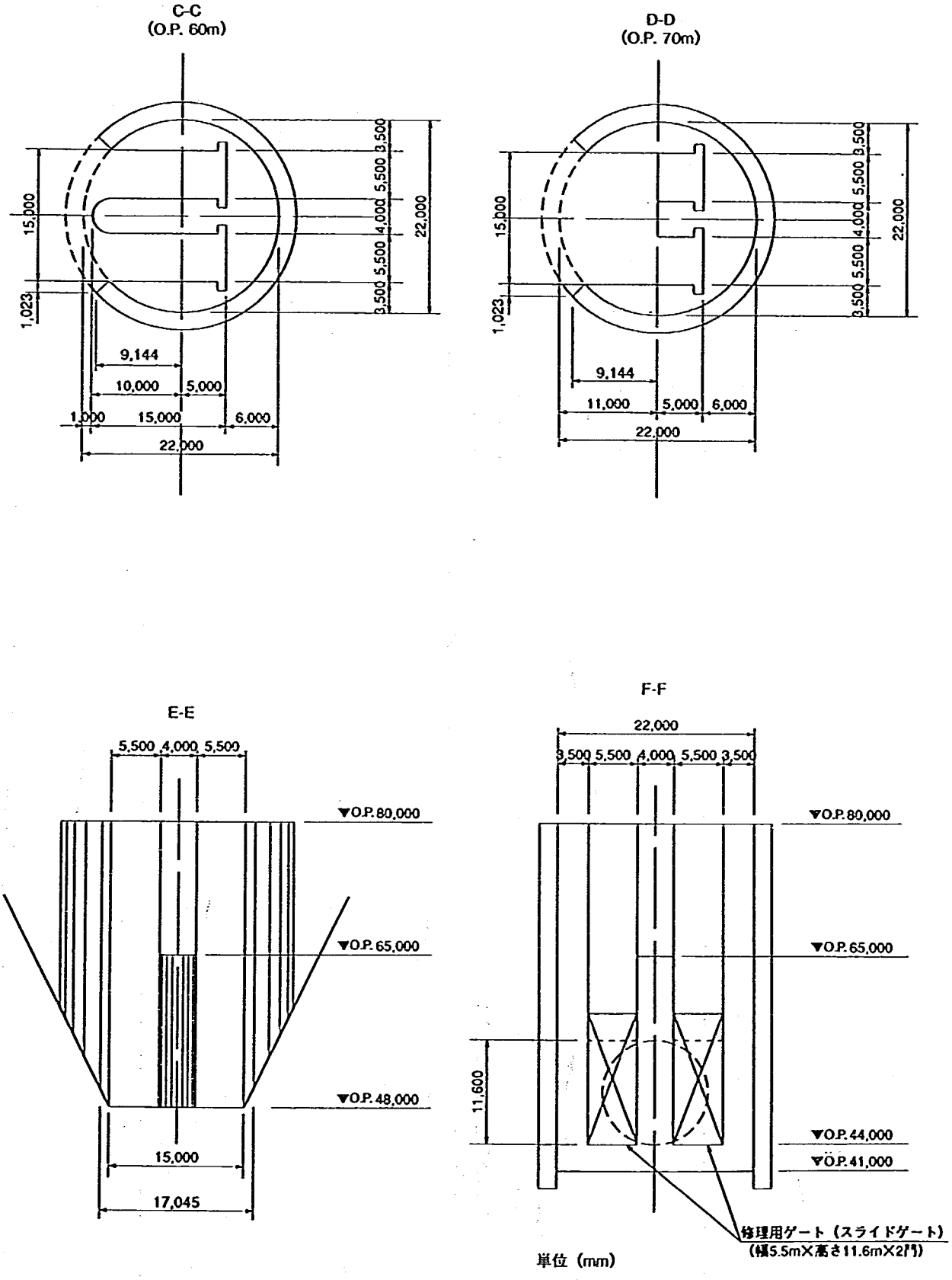
(1) 水理模型実験により求められた流入部の最終案形状を図－2.3、2.4に示す。ここで、門数は1門、前庭部標高はO.P.48m、前面壁下端標高はO.P.70mとし、吸い込み渦抑制のための桟を設置する。

(2) 流入部形状の改良により、流況は改善され、空気の混入量も減少させることが出来たが、最終案形状においても微量な空気の混入は避けられないため、拡幅部上部ベルマウス始端付近に溜まる空気を排気する排気管を設ける必要がある。

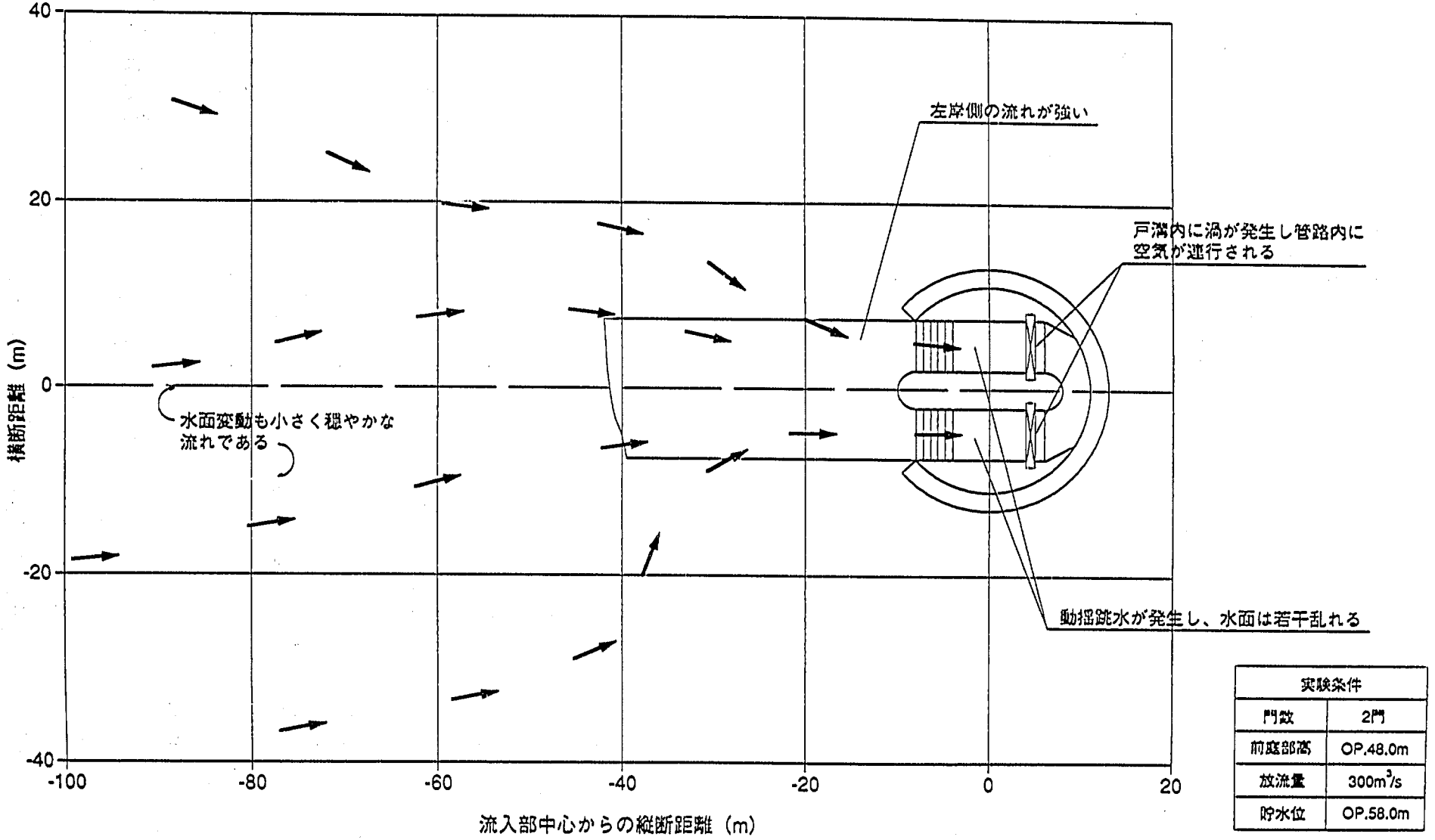
(3) 最終案形状は作用圧力に関しては問題ない。



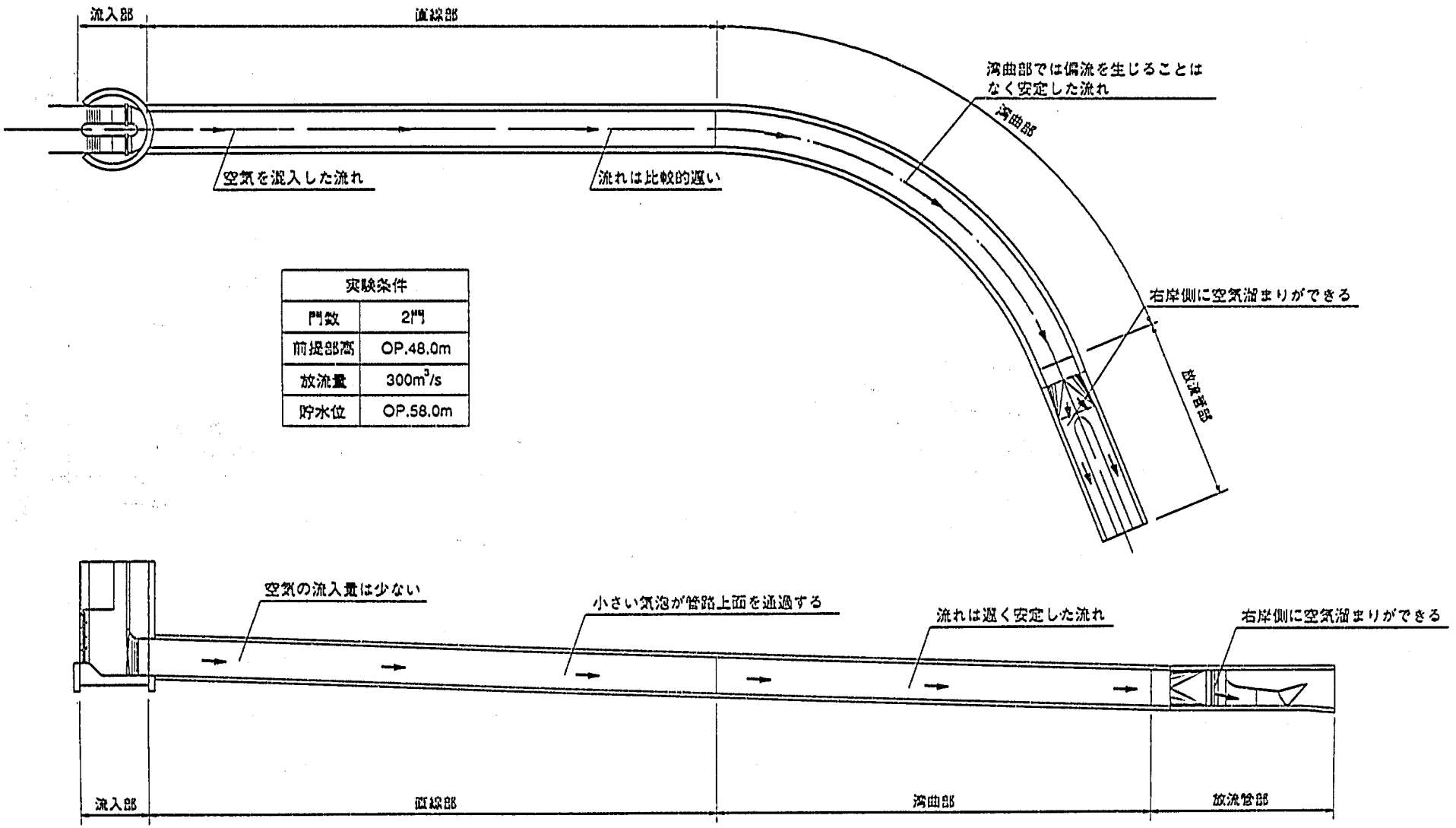
図－3.1 流入部構造図（比較案A1，平面図，縦断図）



図－3.2　流入部構造図（比較案A1，断面図）

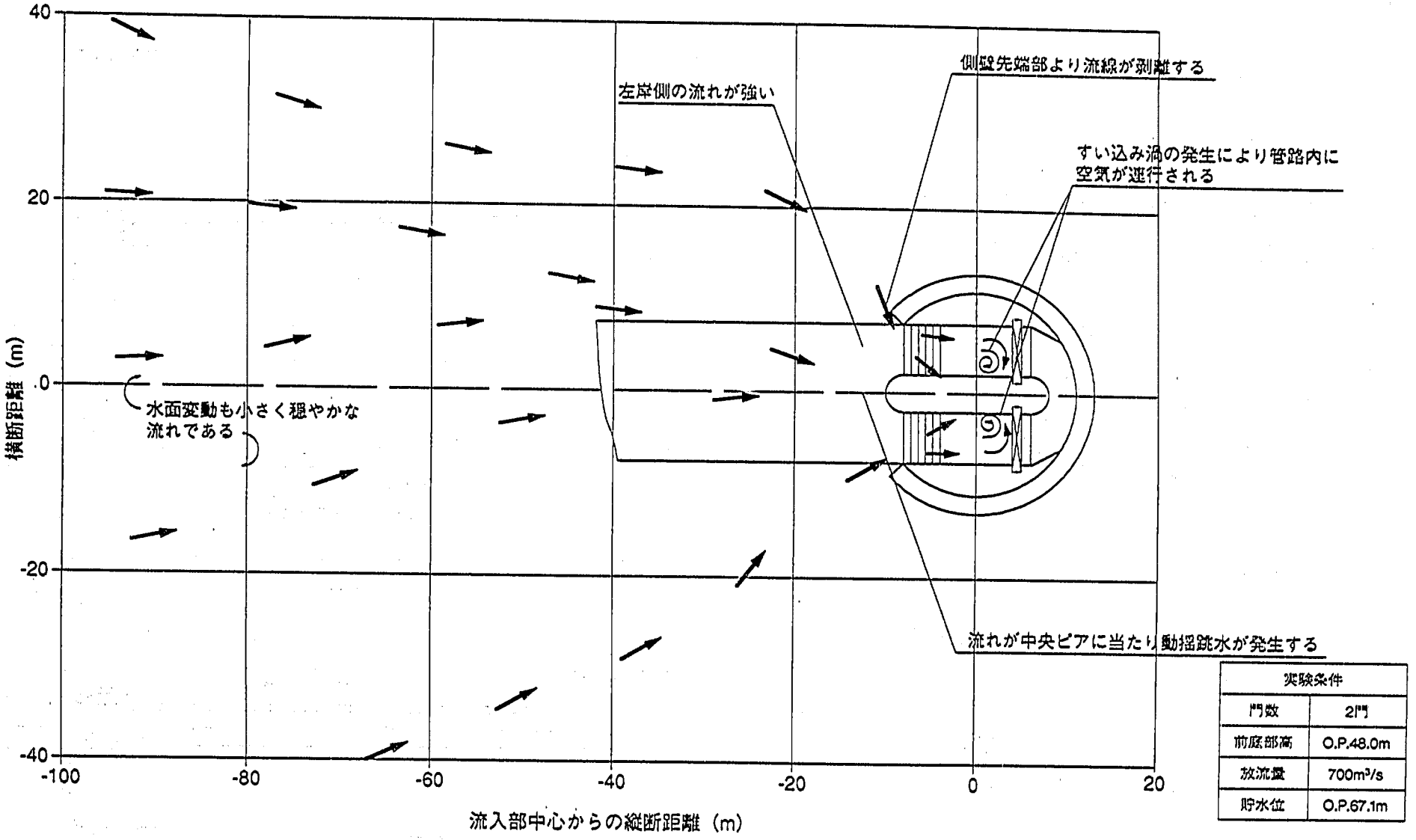


図－3.3 流入部の流況（比較案A1，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）

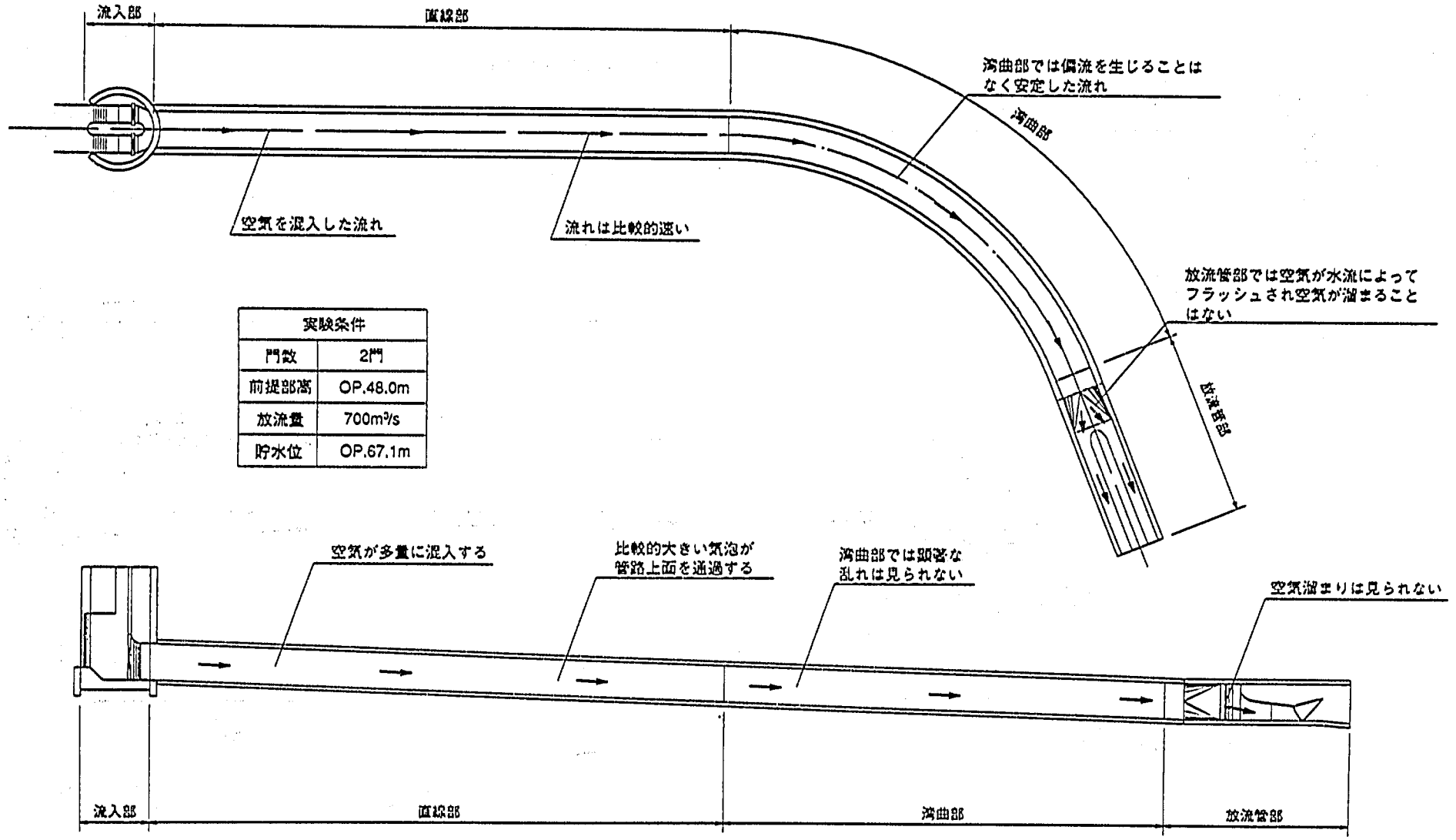


実験条件	
門数	2門
前提部高	OP.48.0m
放流量	300m^3/s
貯水位	OP.58.0m

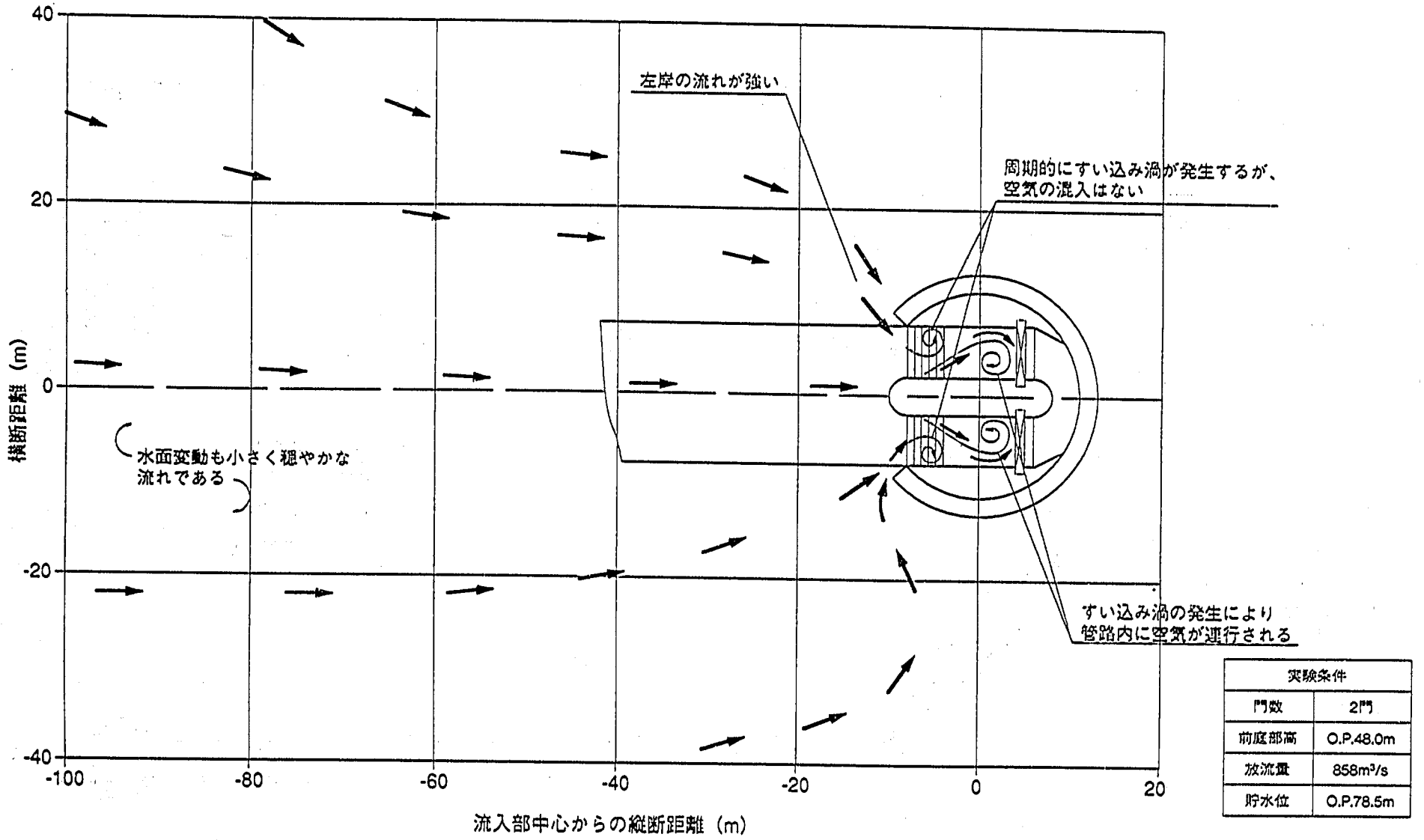
図－3.4　管路部～放流管部の流況（比較案A１，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）



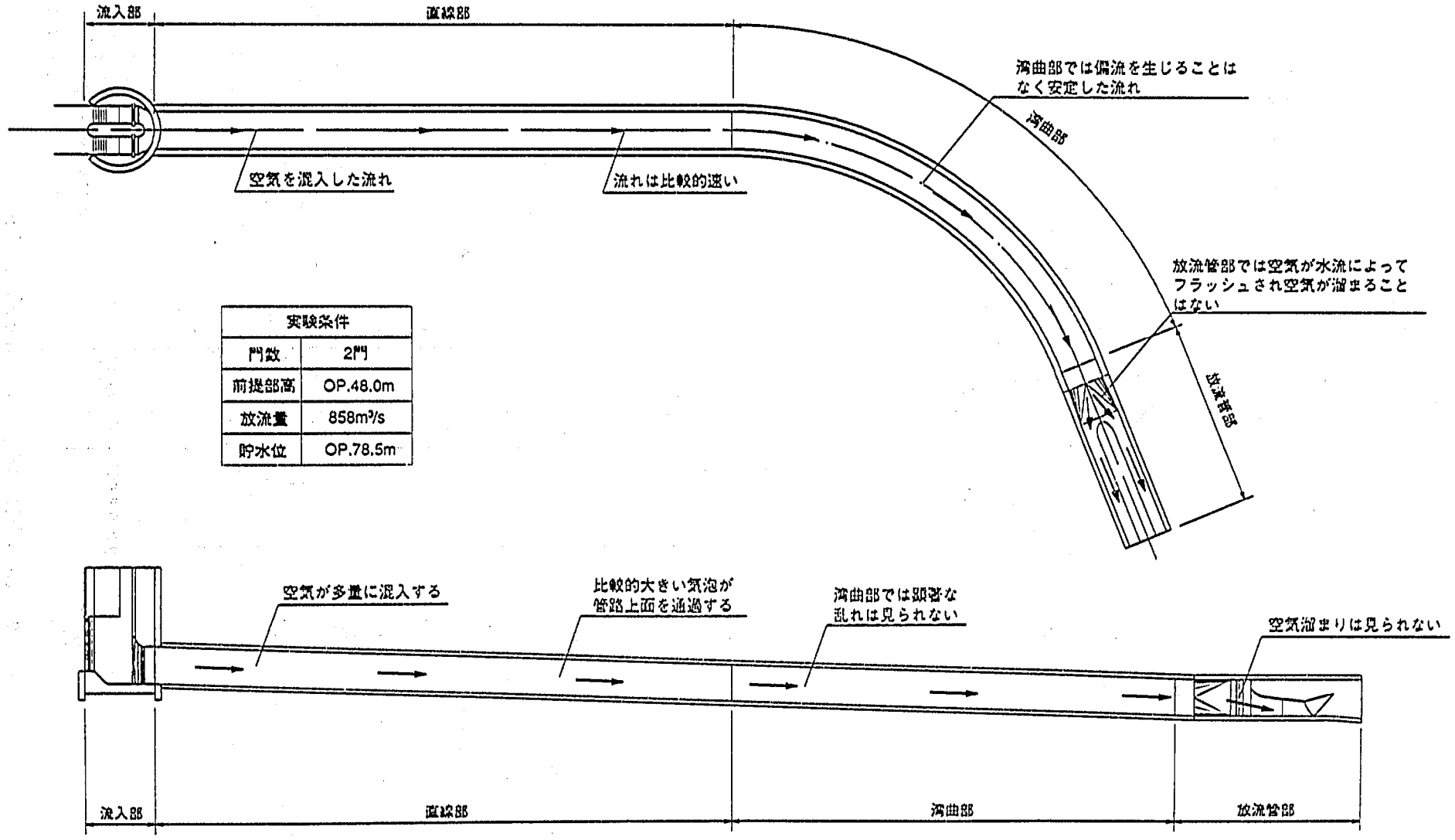
図－3.5　流入部の流況（比較案A１，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）



図－3.6　管路部～放流管部の流況（比較案A１，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）

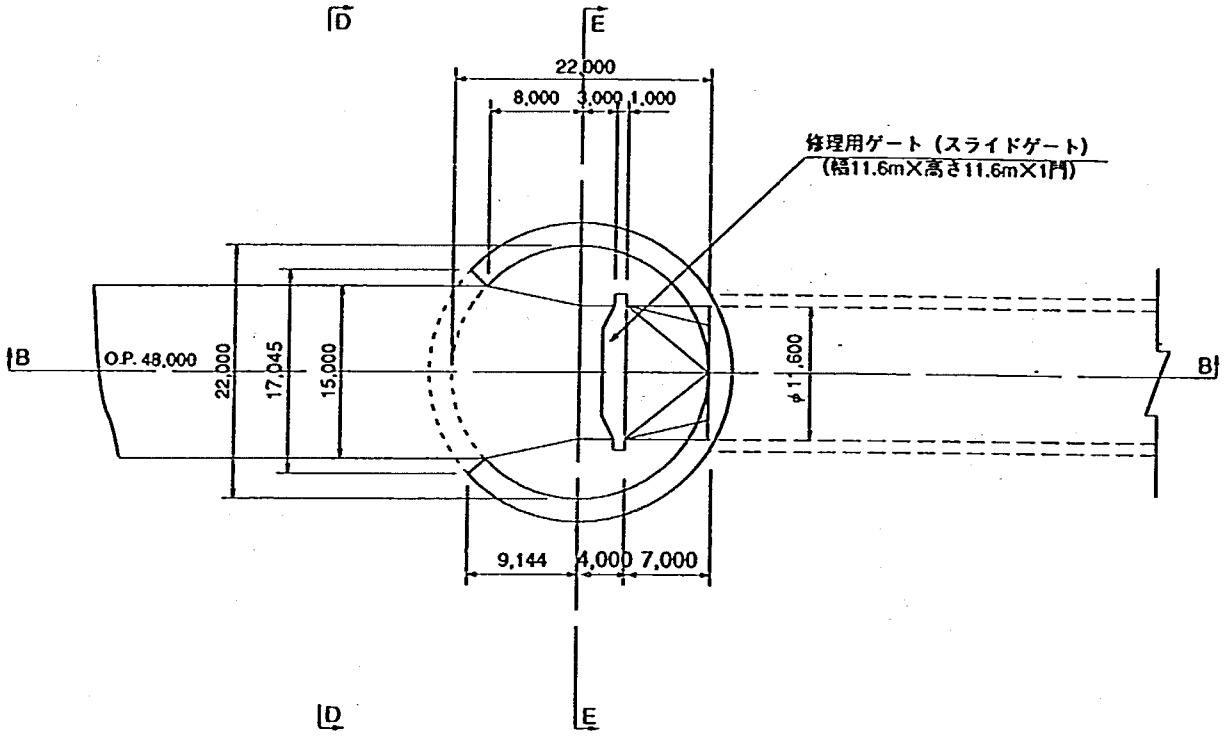


図－3.7　流入部の流況（比較案A１，H＝O.P.78.5m，Q＝858㎥/s）

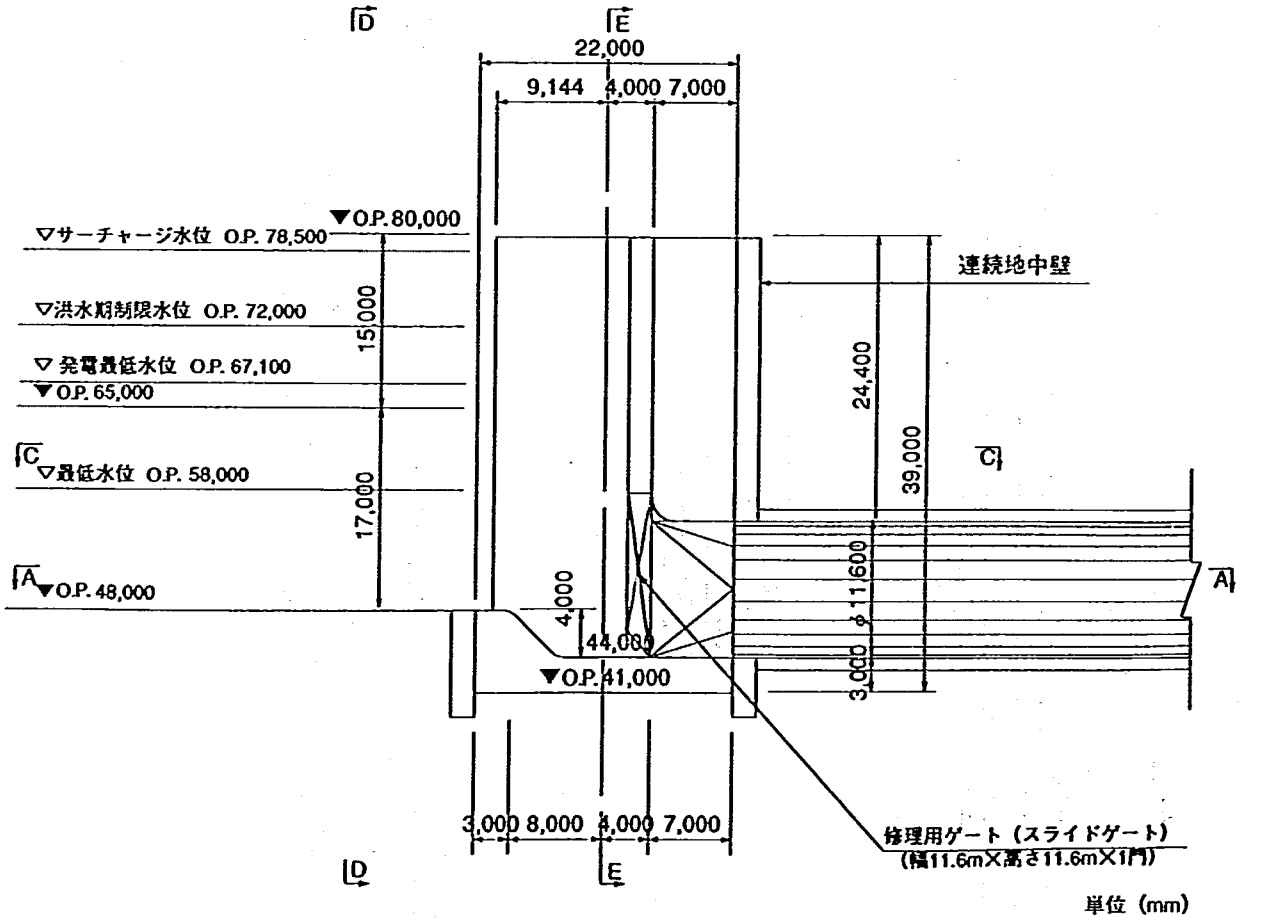


図－3.8　管路部～放流管部の流況（比較案A１，H＝O.P.78.5m，Q＝858㎥/s）

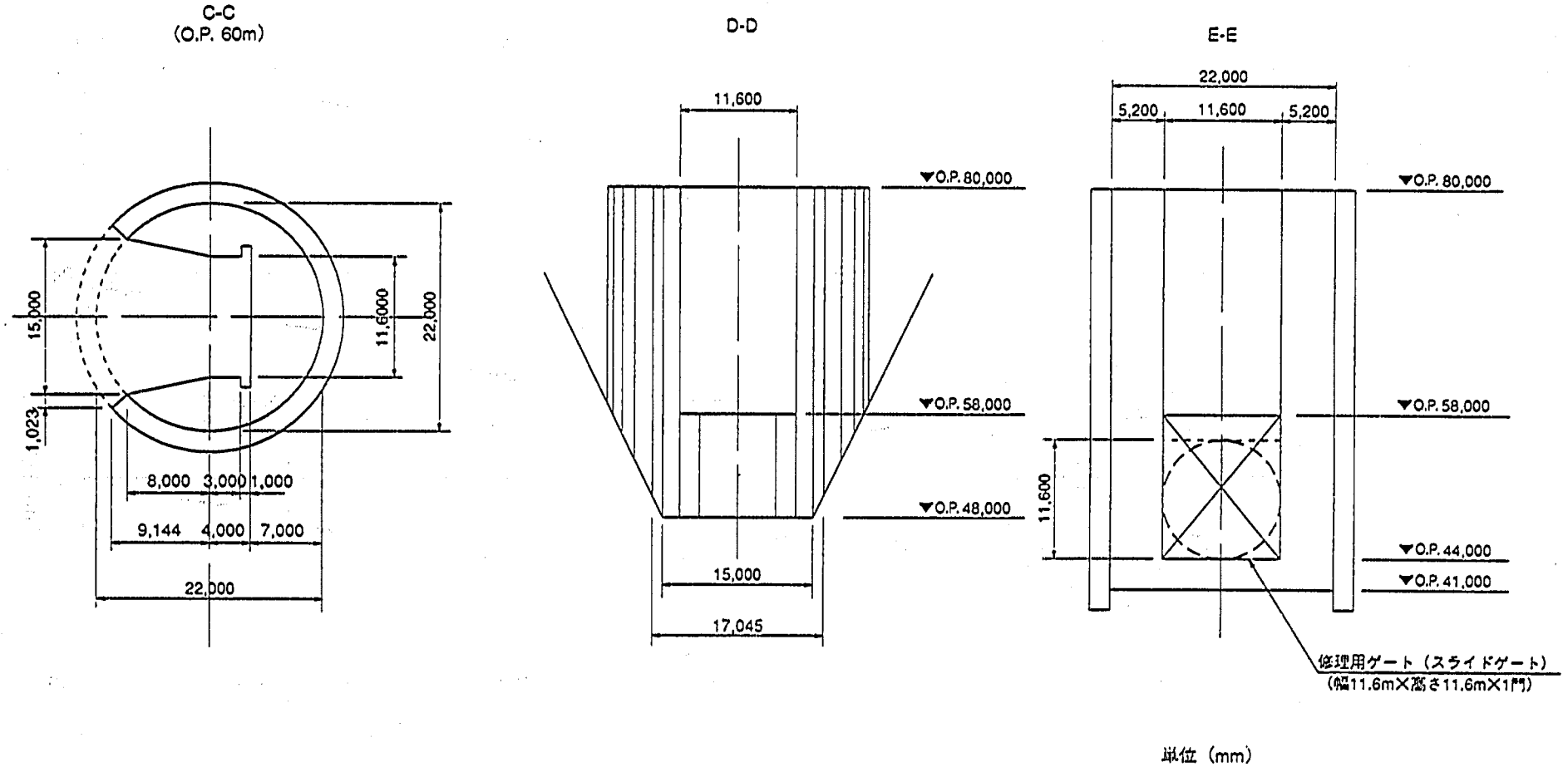
平面図　A-A



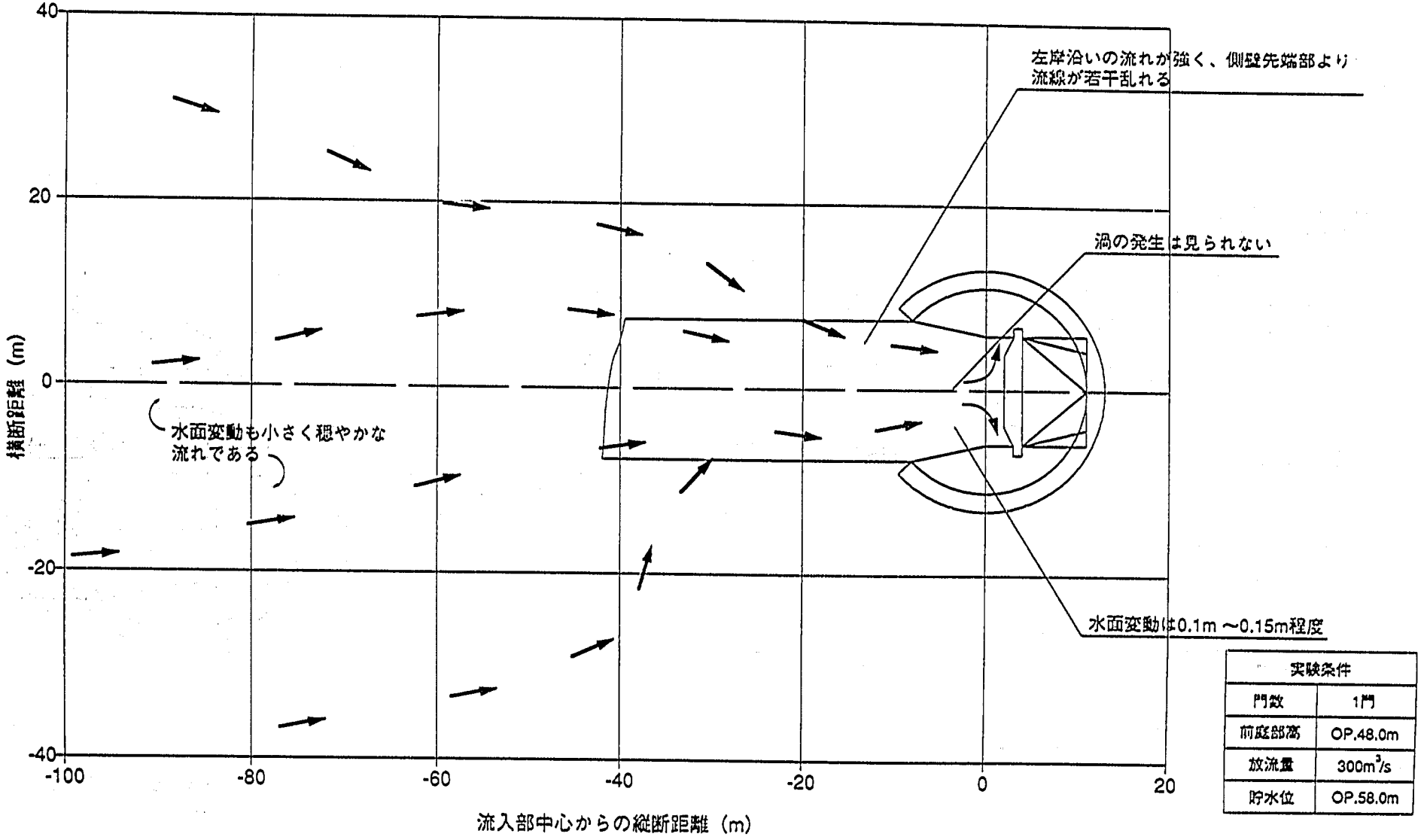
縦断面図　B-B



図－3.9　流入部構造図（比較案A２，平面図，縦断図）

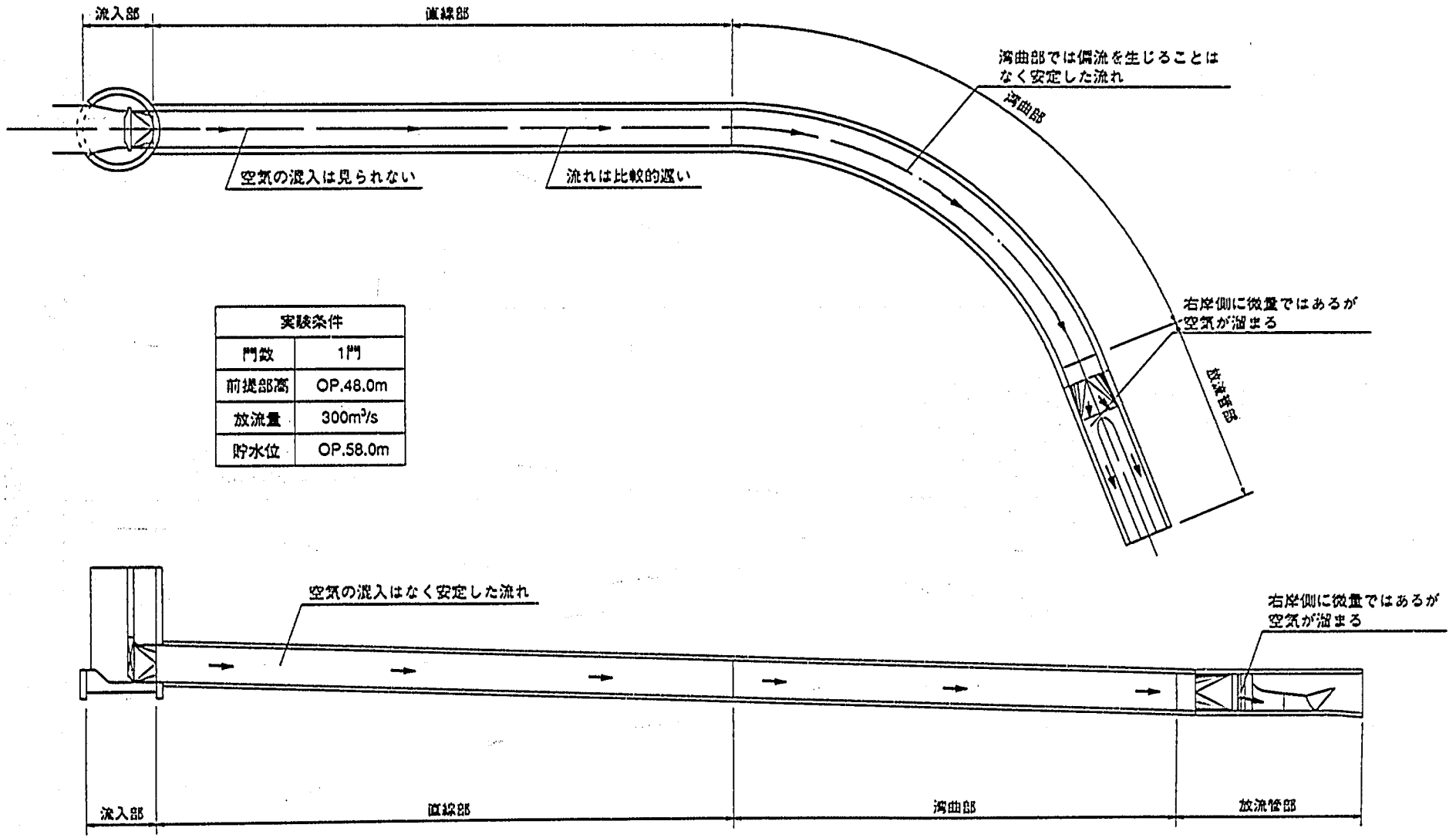


図－3.10　流入部構造図（比較案A２，断面図）



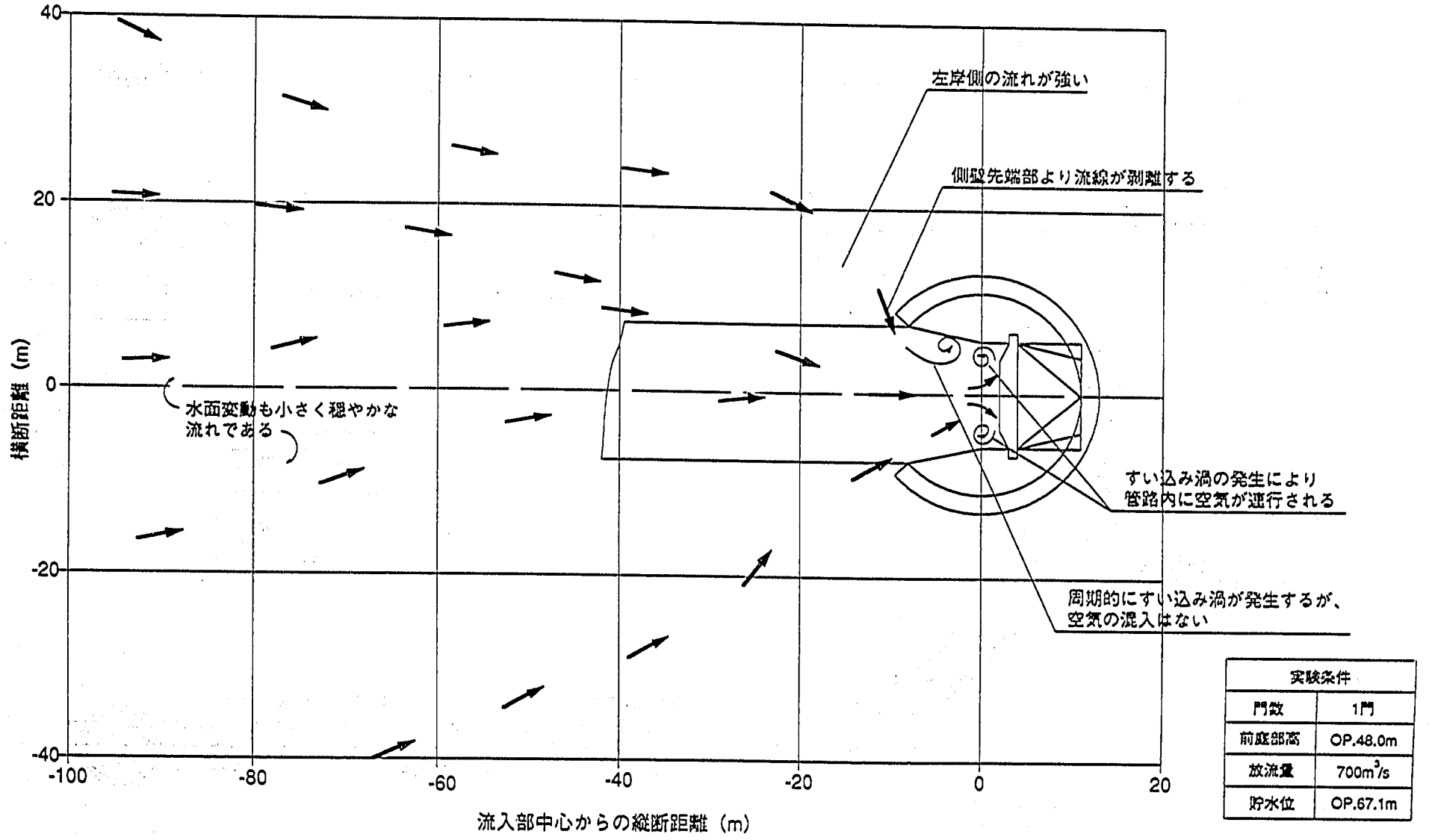
実験条件	
門数	1門
前庭部高	OP.48.0m
放流量	300m³/s
貯水位	OP.58.0m

図－3.11　流入部の流況（比較案A２，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）

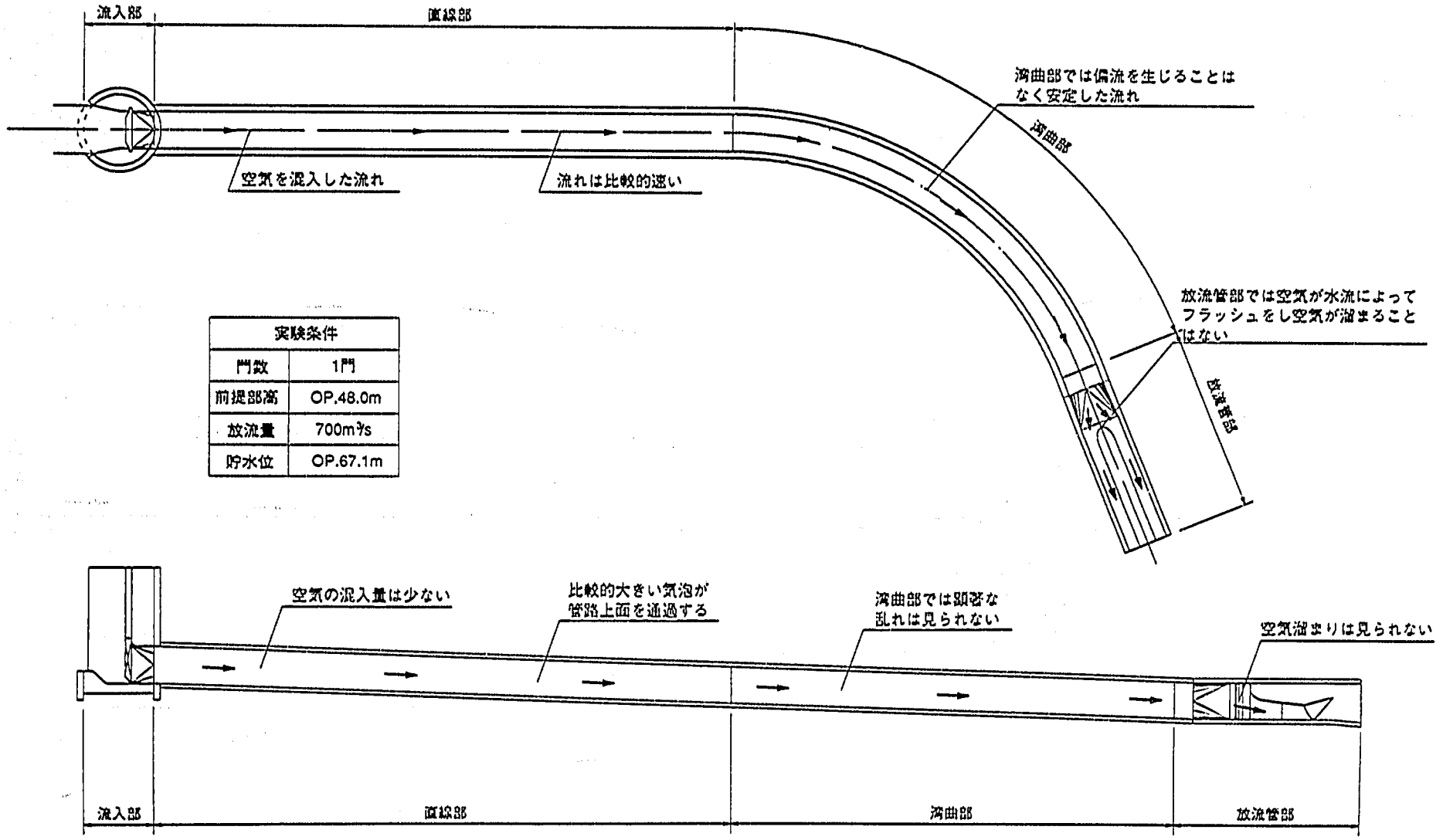


実験条件	
門数	1門
前提部高	OP.48.0m
放流量	300m³/s
貯水位	OP.58.0m

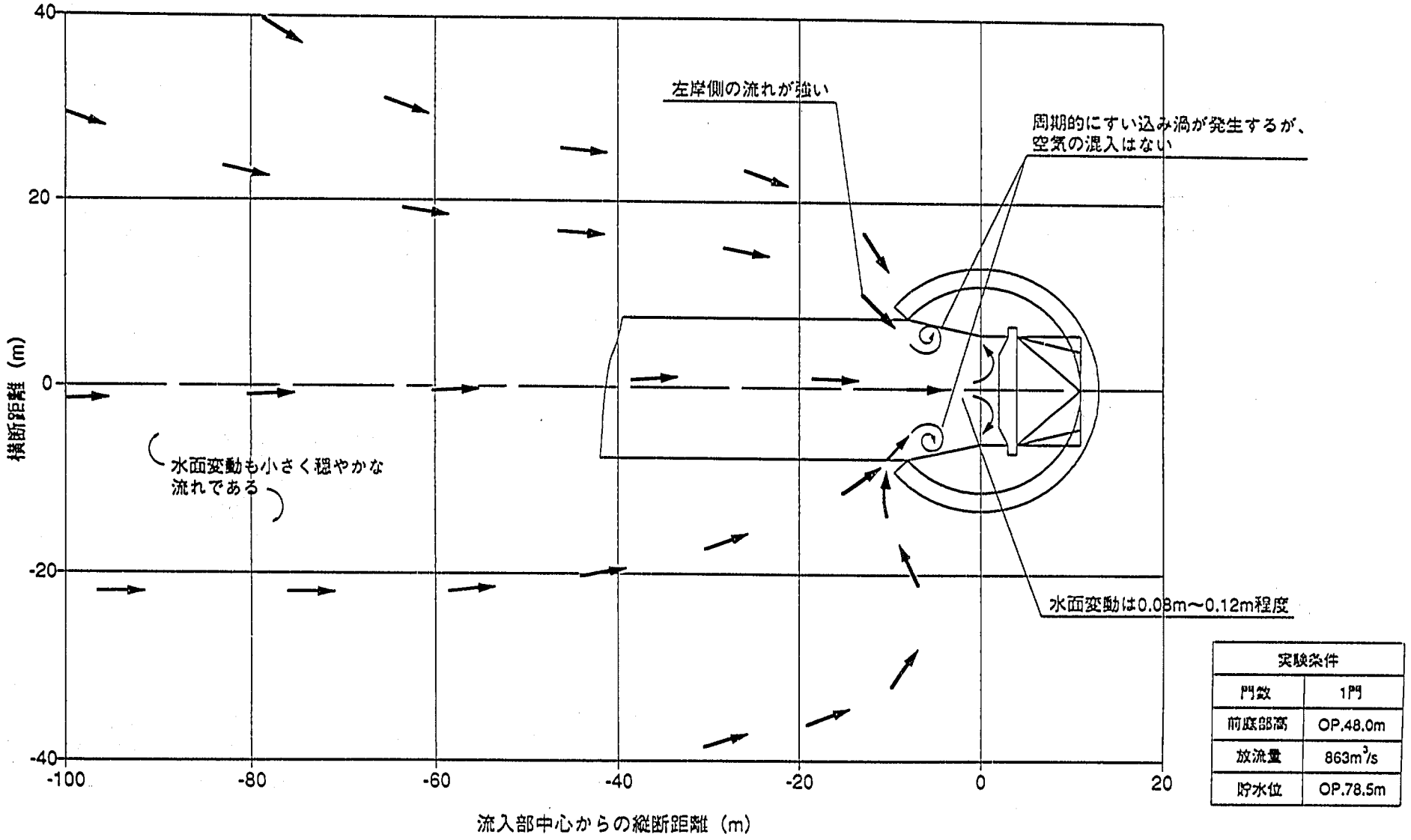
図－3.12　管路部～放流管部の流況（比較案A２，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）



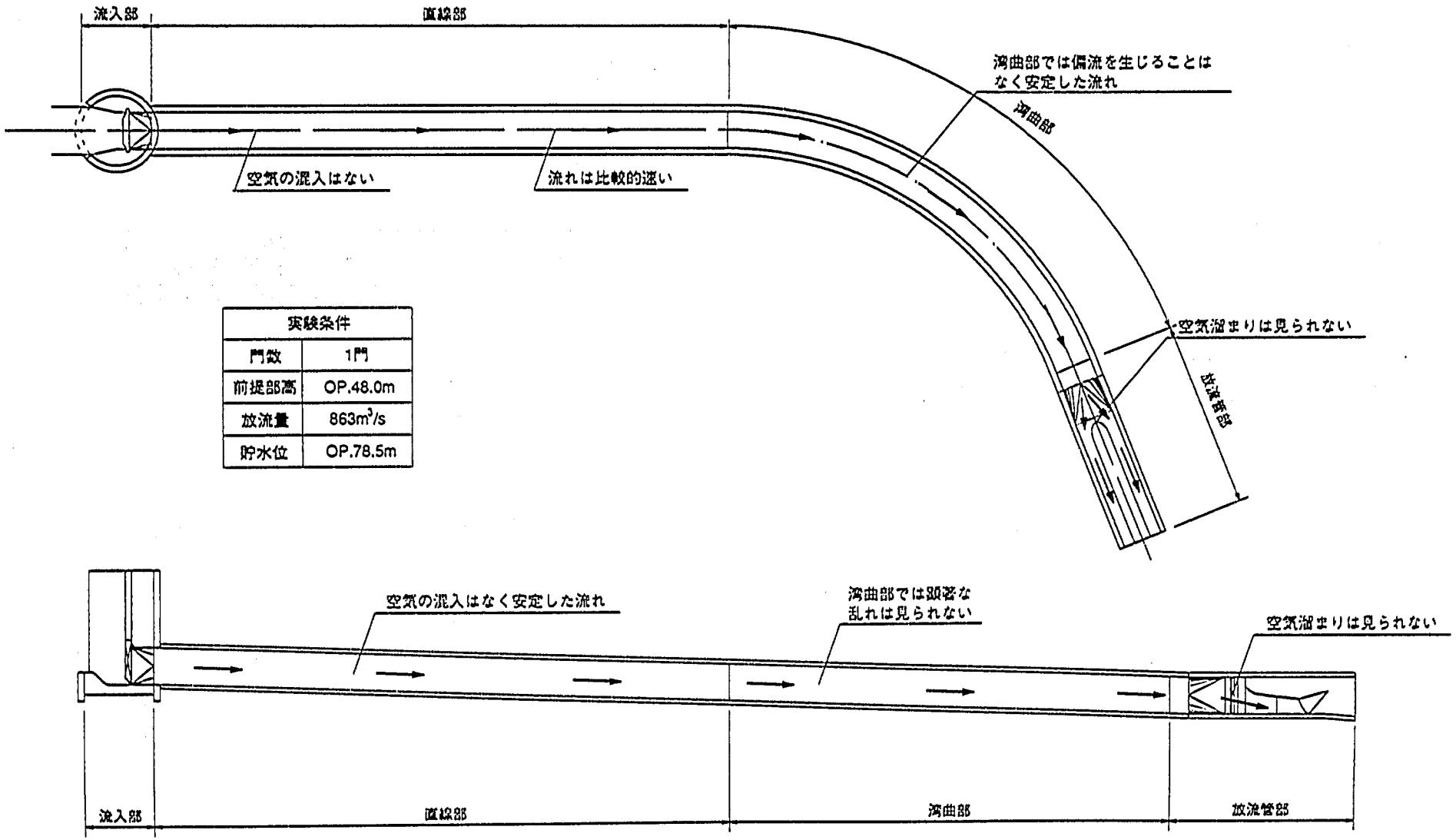
図－3.13　流入部の流況（比較案A２，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）



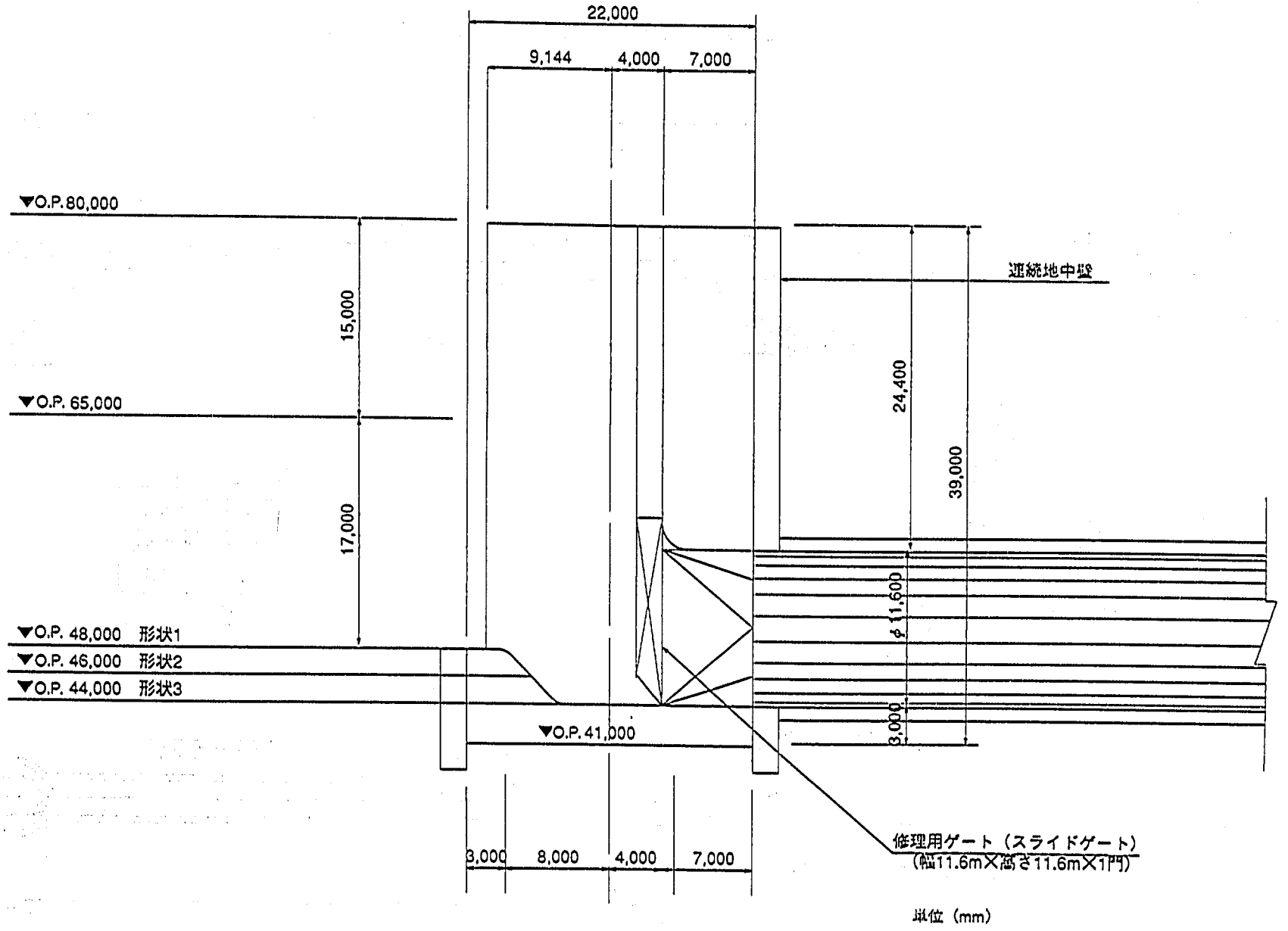
図－3.14　管路部～放流管部の流況（比較案A２，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）



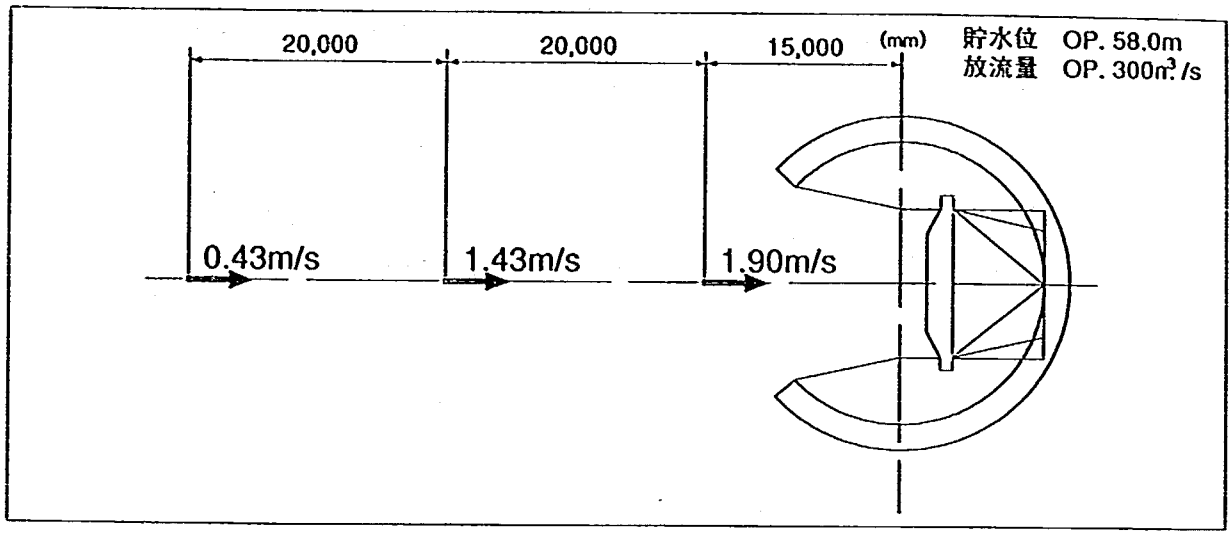
図－3.15　流入部の流況（比較案A２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）

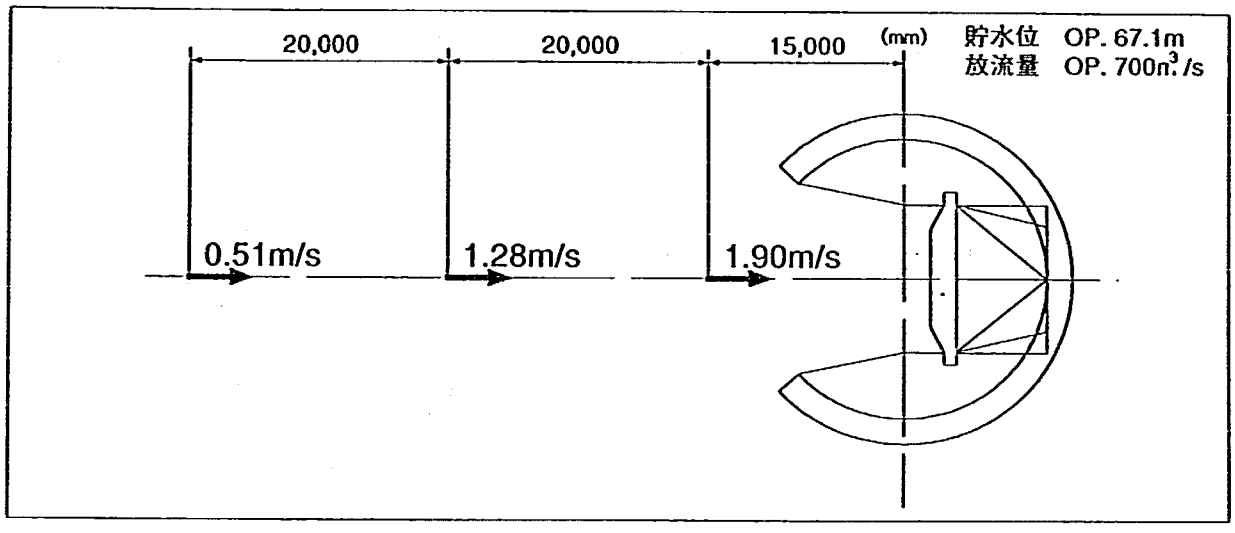


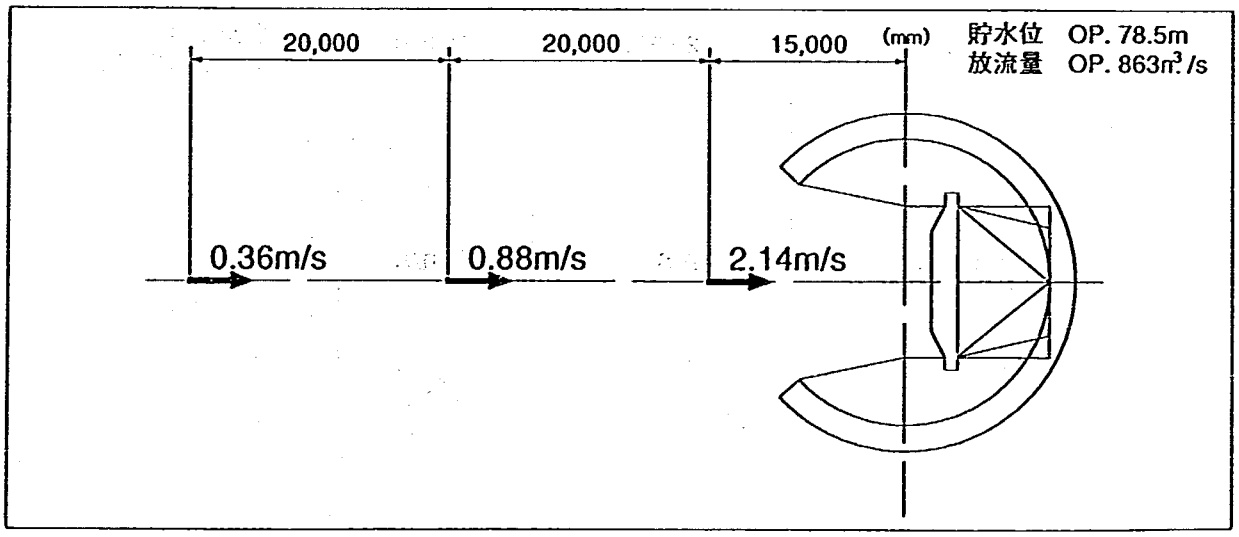
図－3.16　管路部～放流管部の流況（比較案A２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）



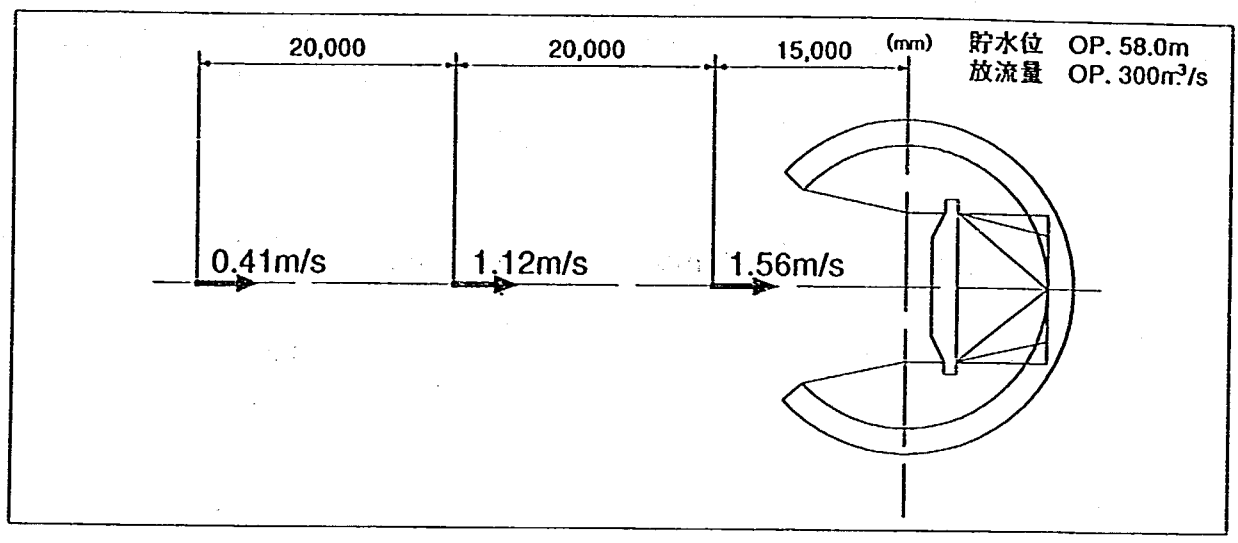
図－3.17　流入部比較案A２前庭部高さ比較形状

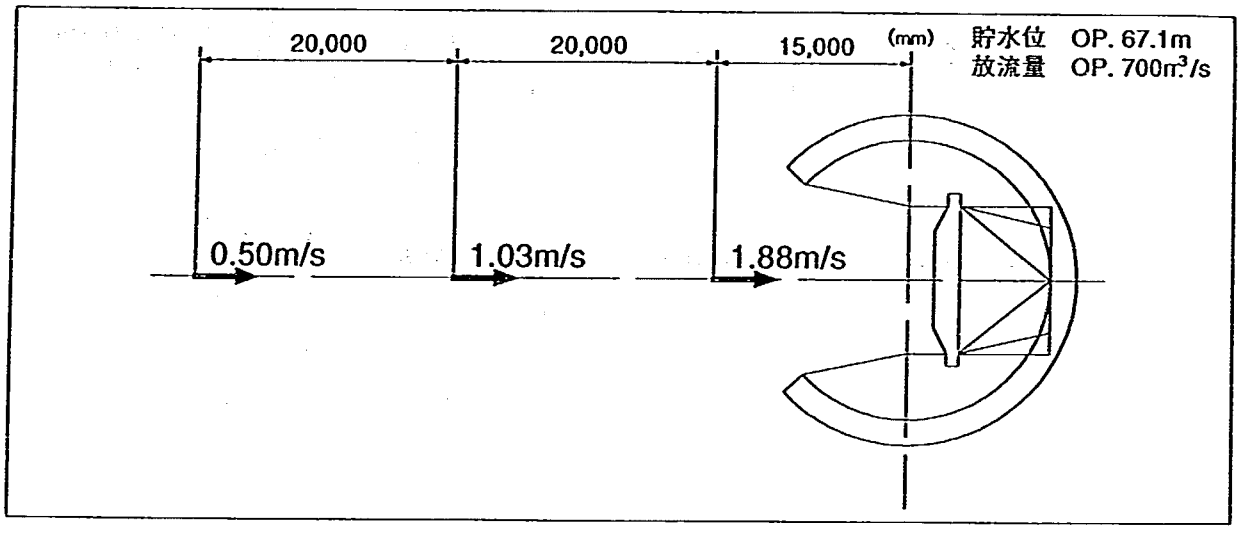


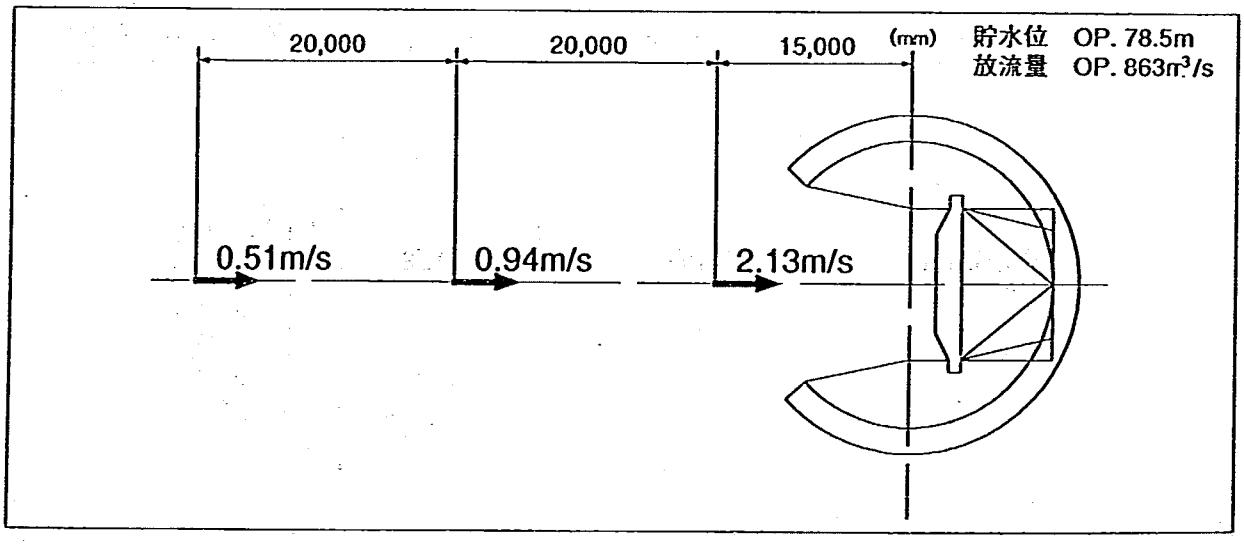




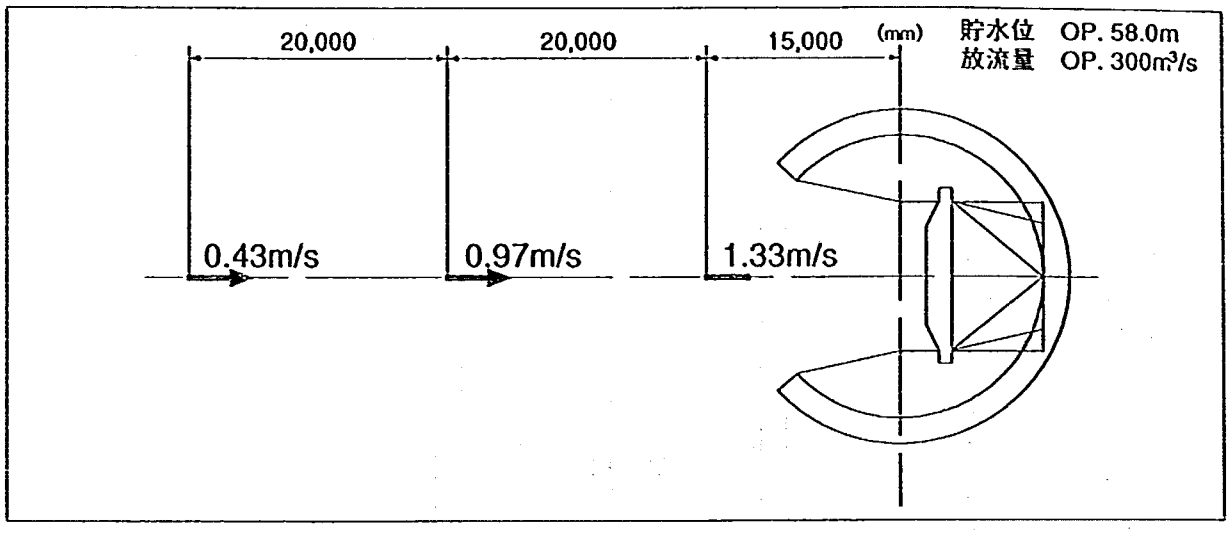
図－3.18　流入部付近の流速分布（比較案A２，前庭部高さ：O.P.48m）

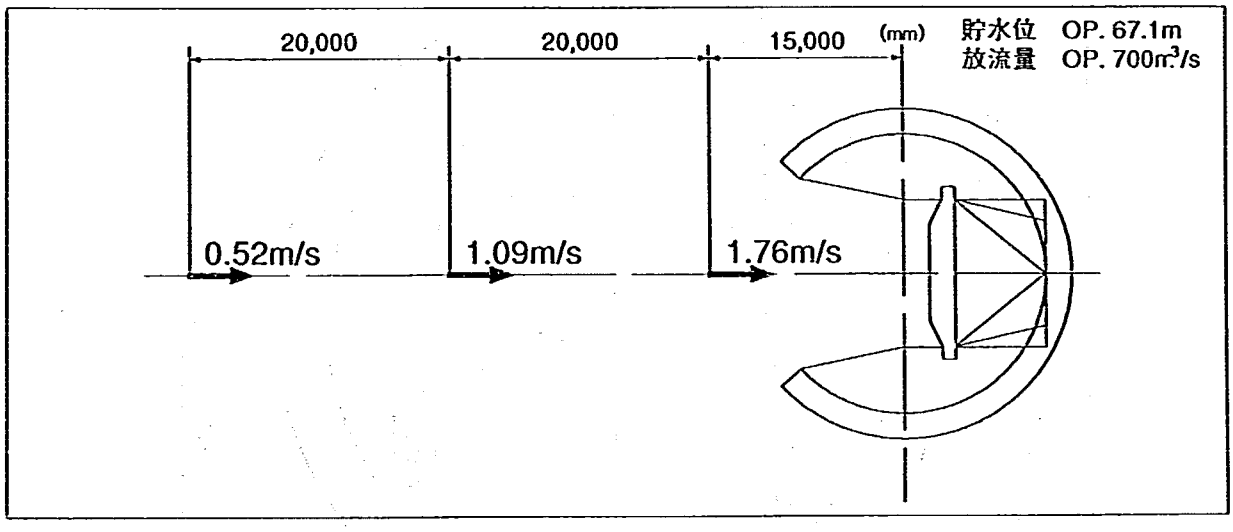


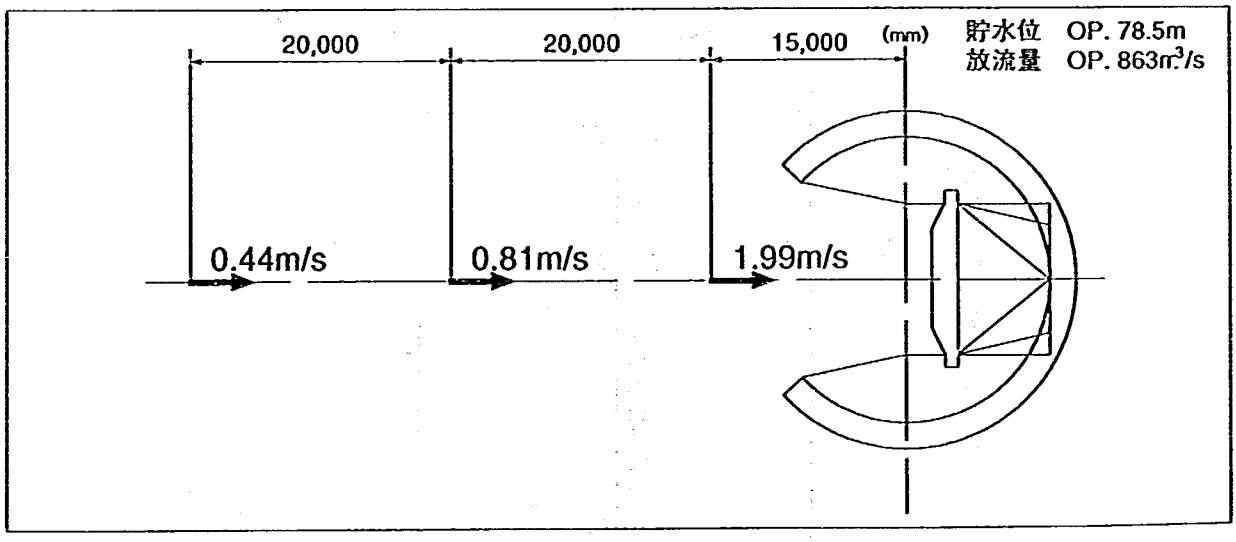




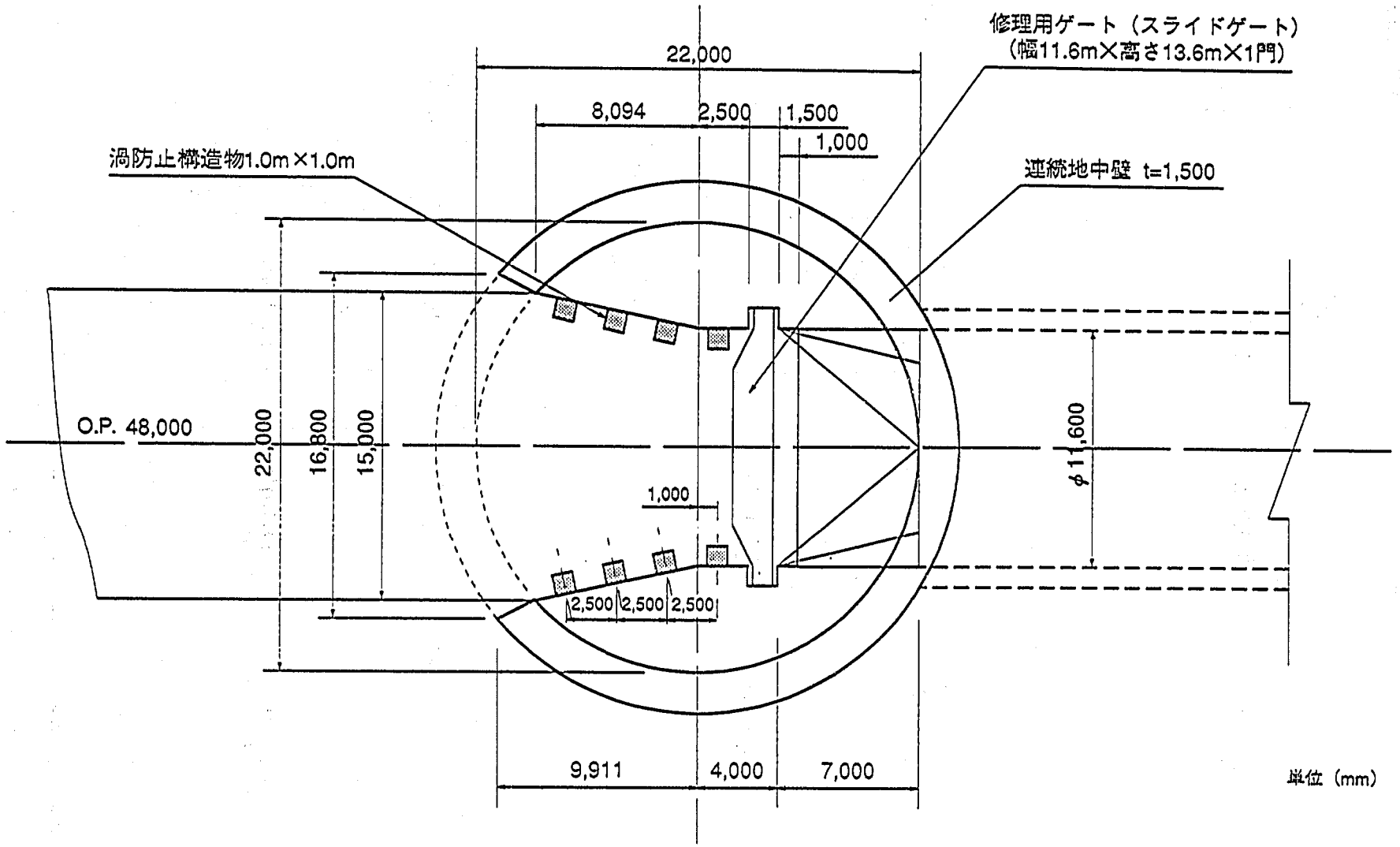
図－3.19 流入部付近の流速分布（比較案A２，前庭部高さ：O.P.46m）



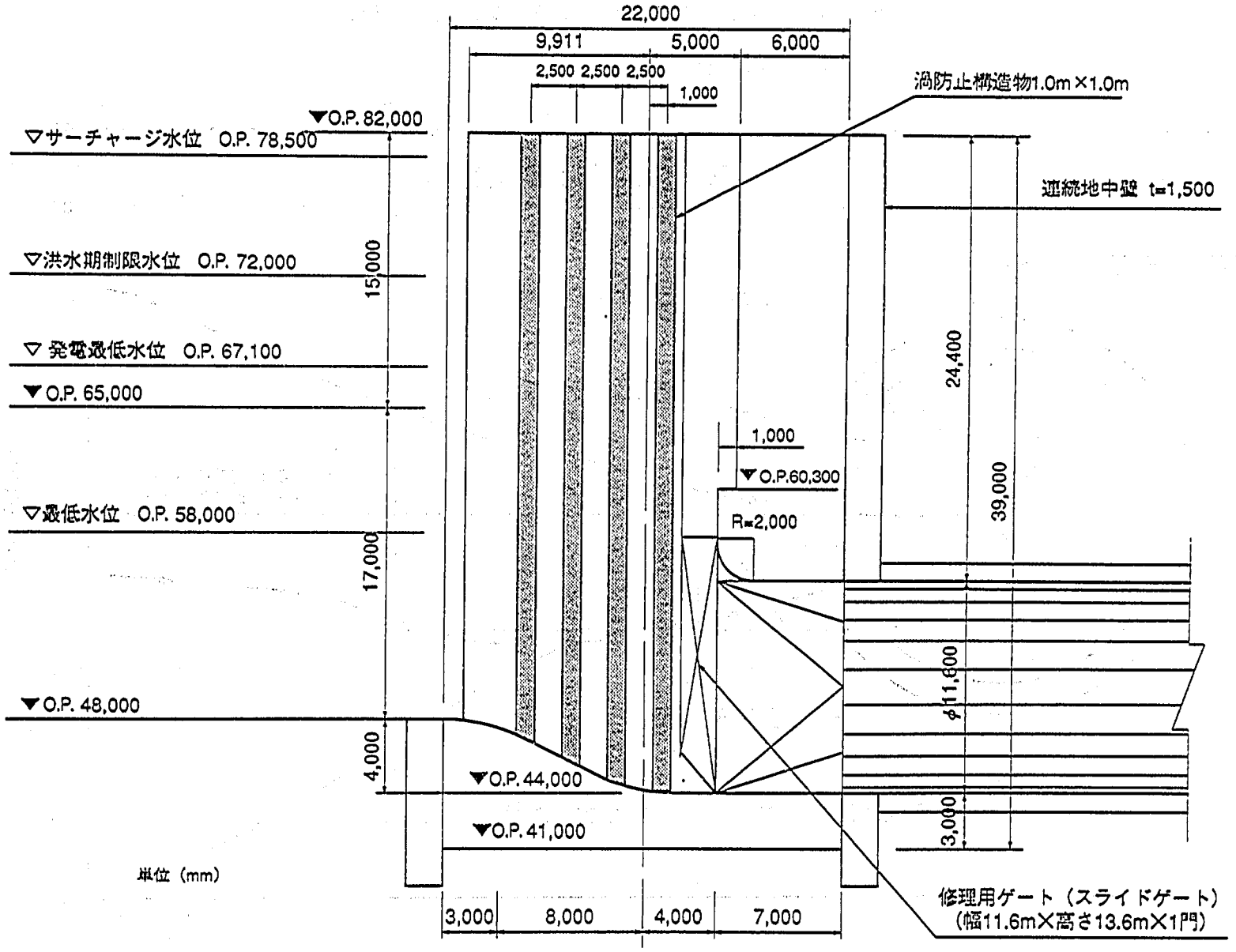




図－3.20　流入部付近の流速分布（比較案A２，前庭部高さ：O.P.44m）



図－3.21　流入部構造図（比較案A３，平面図）



図－3.22 流入部構造図（比較案A３，縦断図）

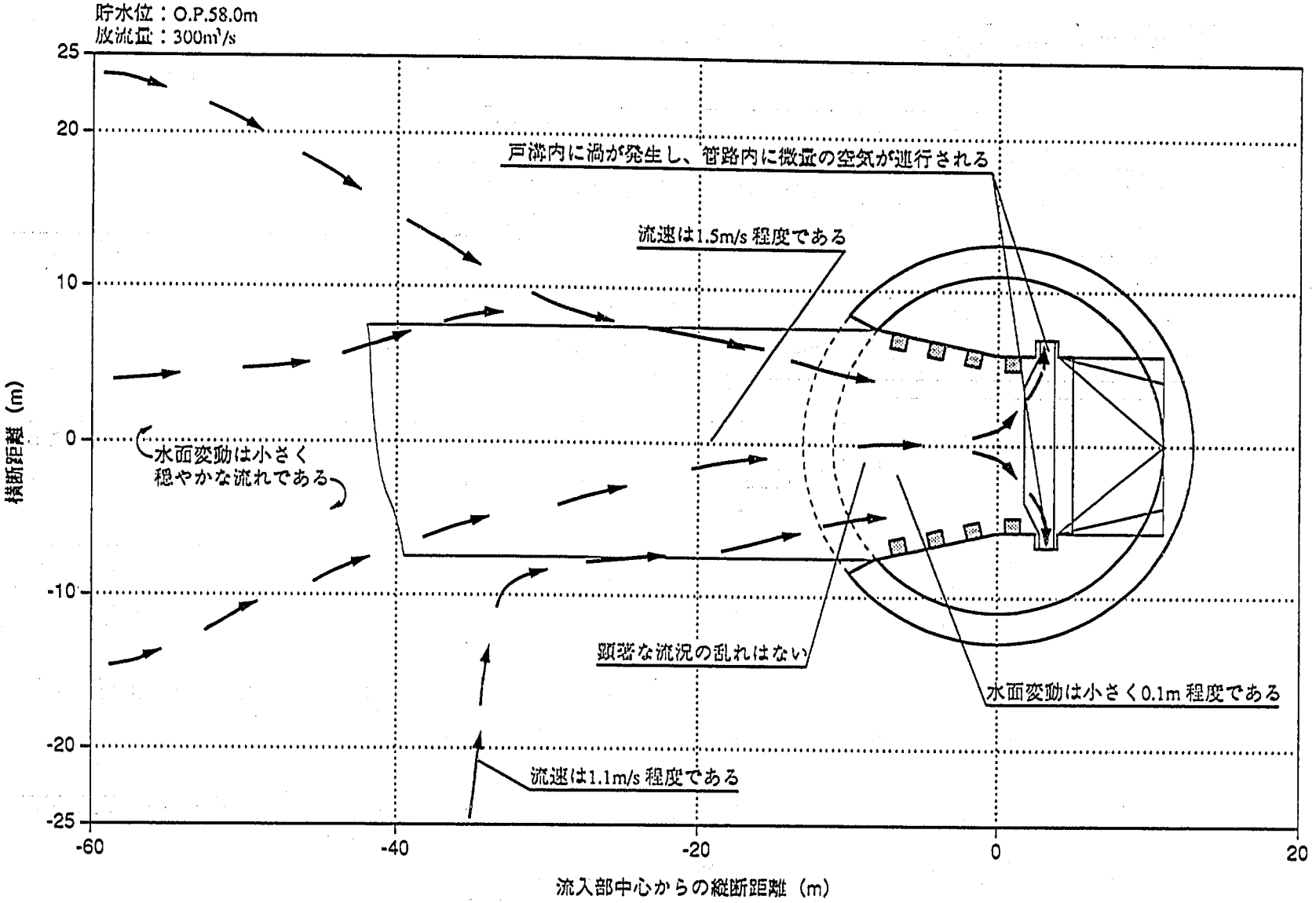
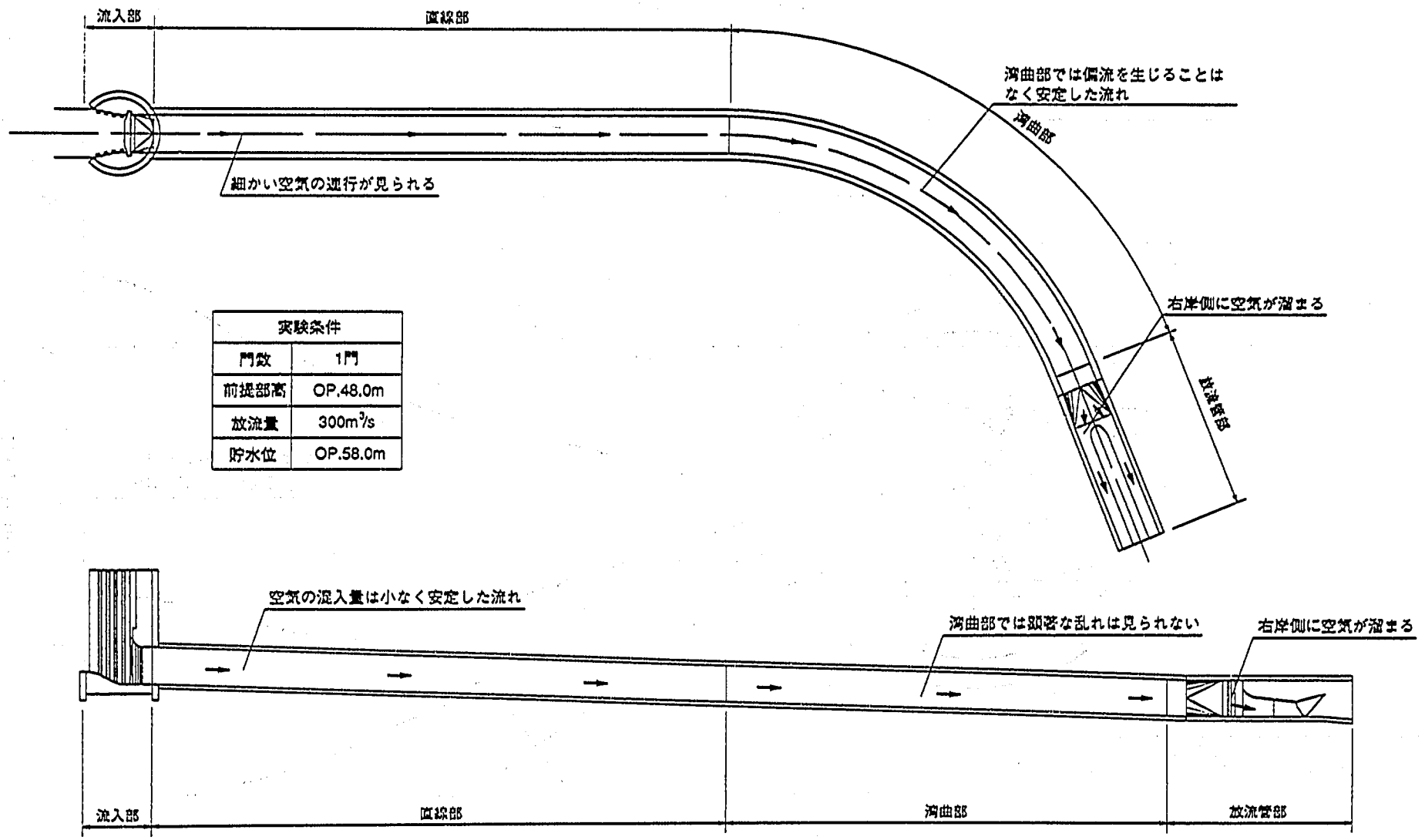
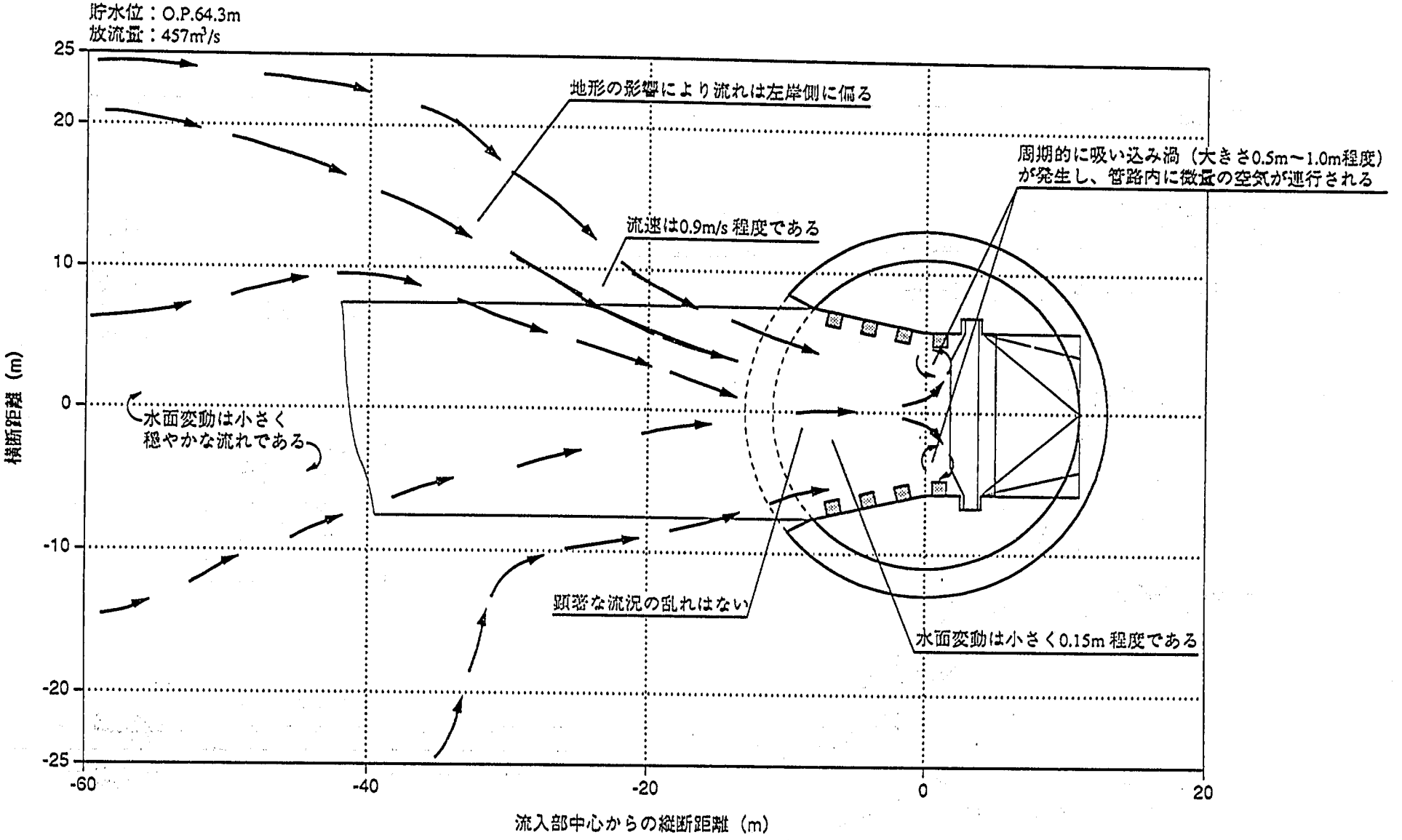


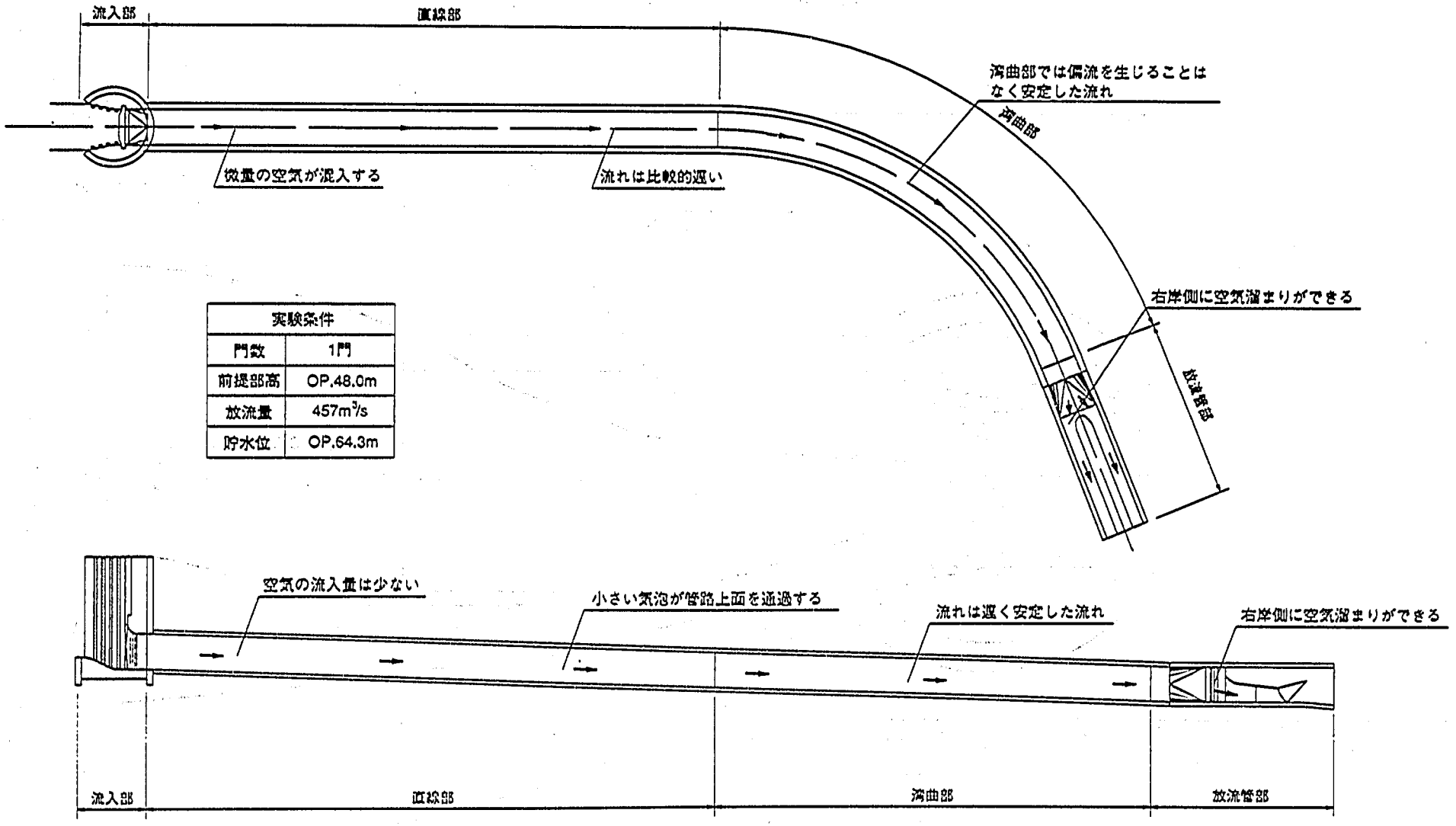
図3.23　流入部の流況（比較案A３，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）



図－3.24　管路部～放流管部の流況（比較案A３，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）

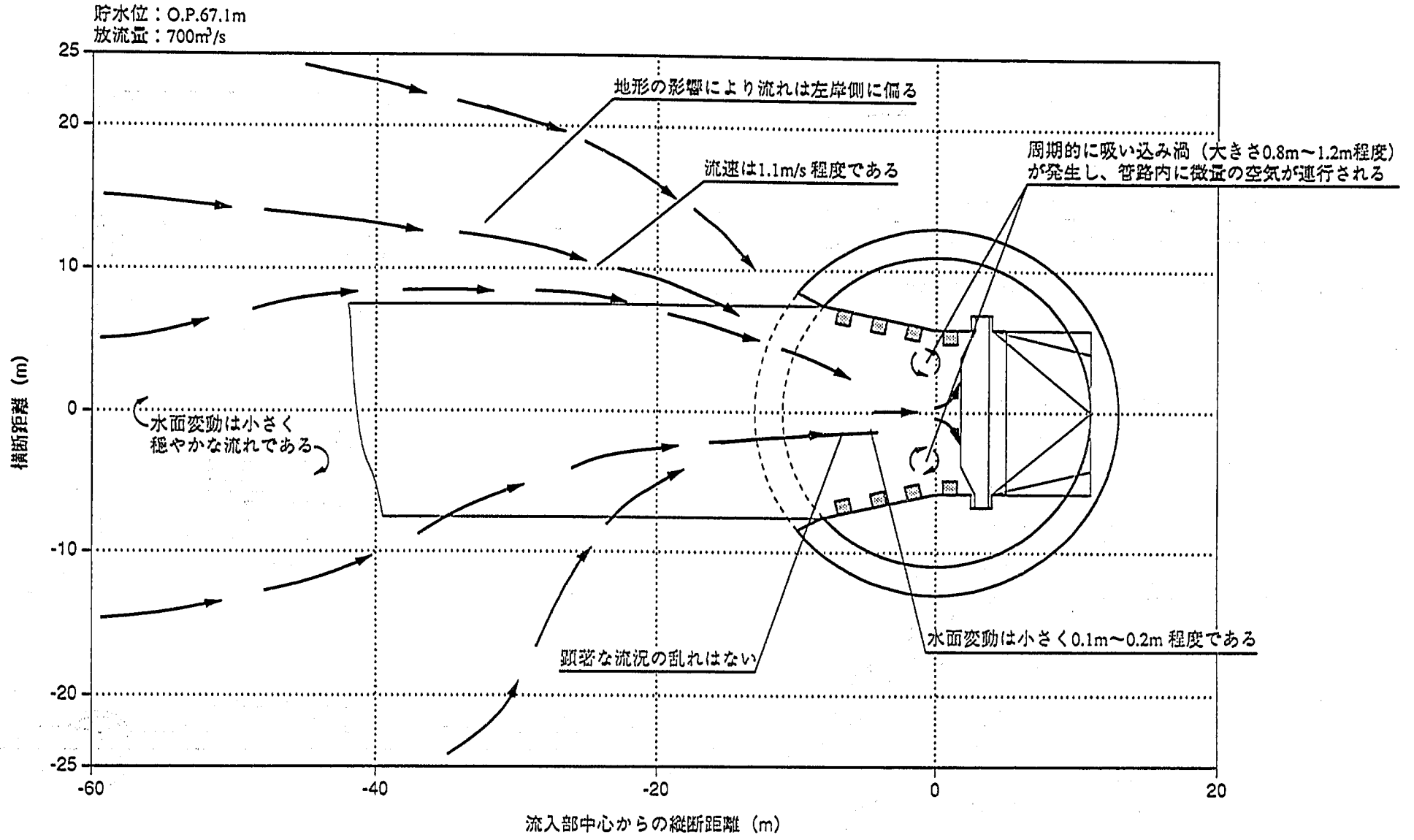


図－3.25　流入部の流況（比較案A３，H＝O.P.64.3m，Q＝457㎥/s）

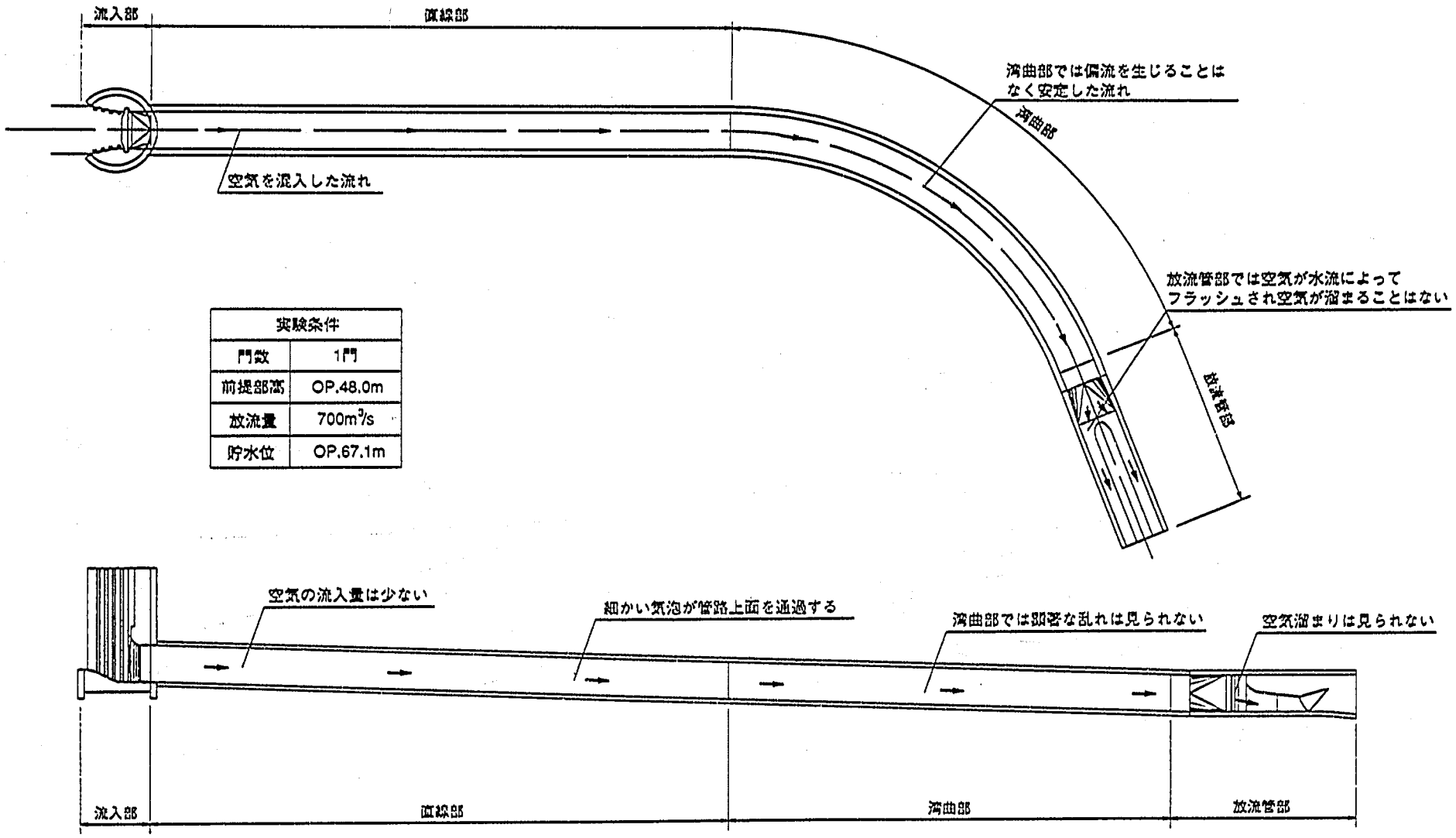


実験条件	
門数	1門
前提部高	OP.48.0m
放流量	457m³/s
貯水位	OP.64.3m

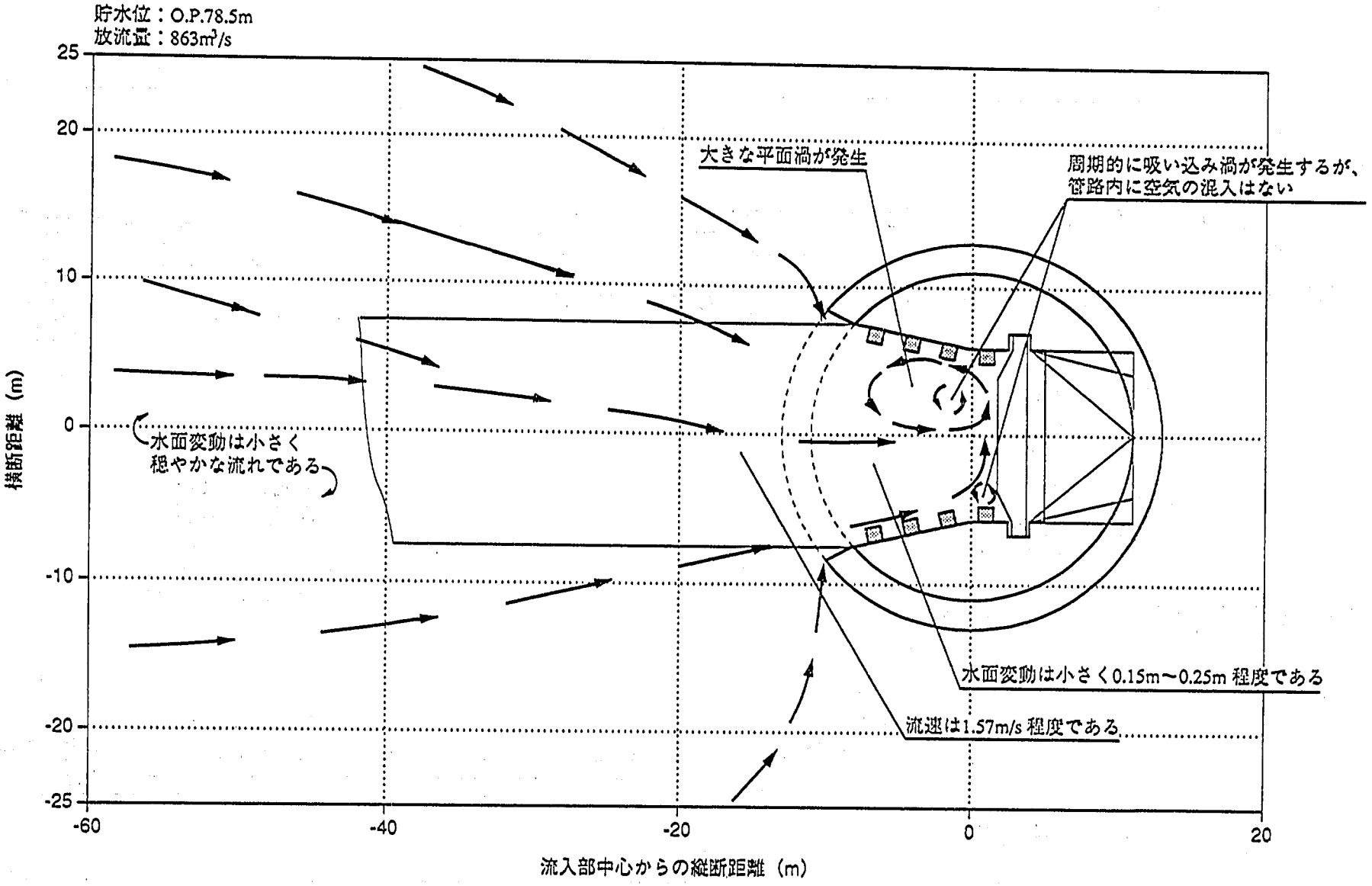
図－3.26　管路部～放流管部の流況（比較案A３，H＝O.P.64.3m，Q＝457㎥/s）



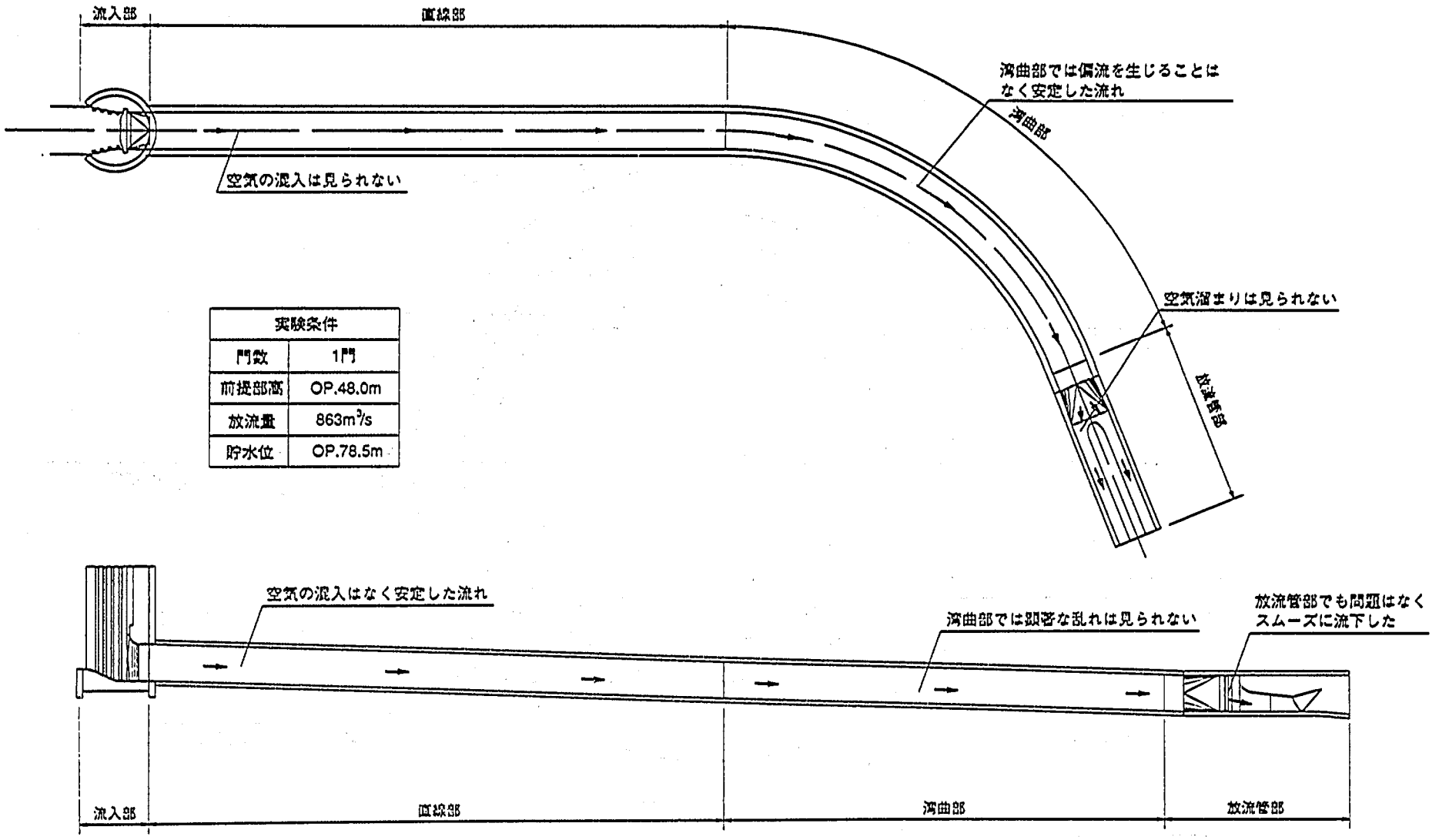
図－3.27　流入部の流況（比較案A３，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）



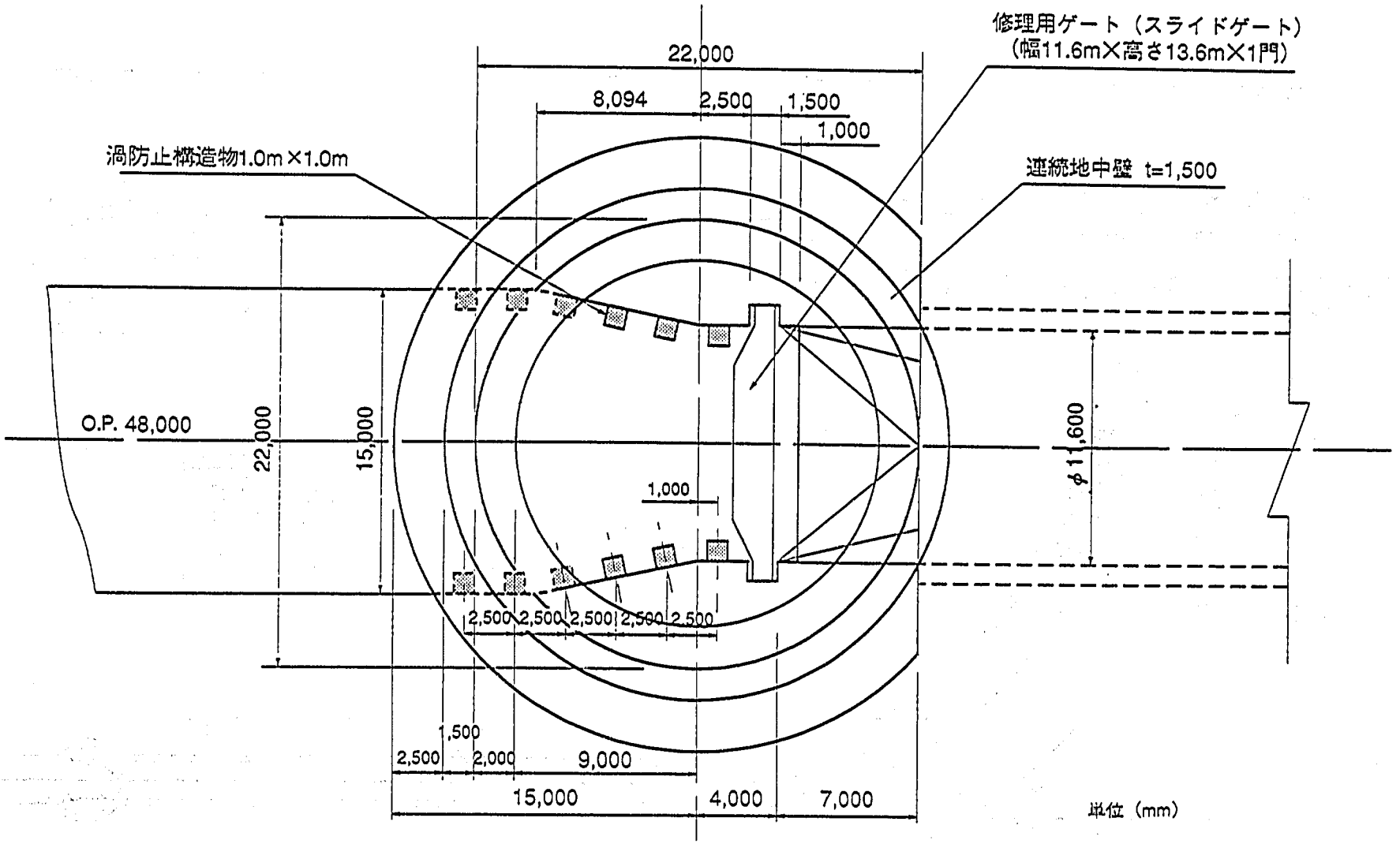
図－3.28　管路部～放流管部の流況（比較案A３，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）



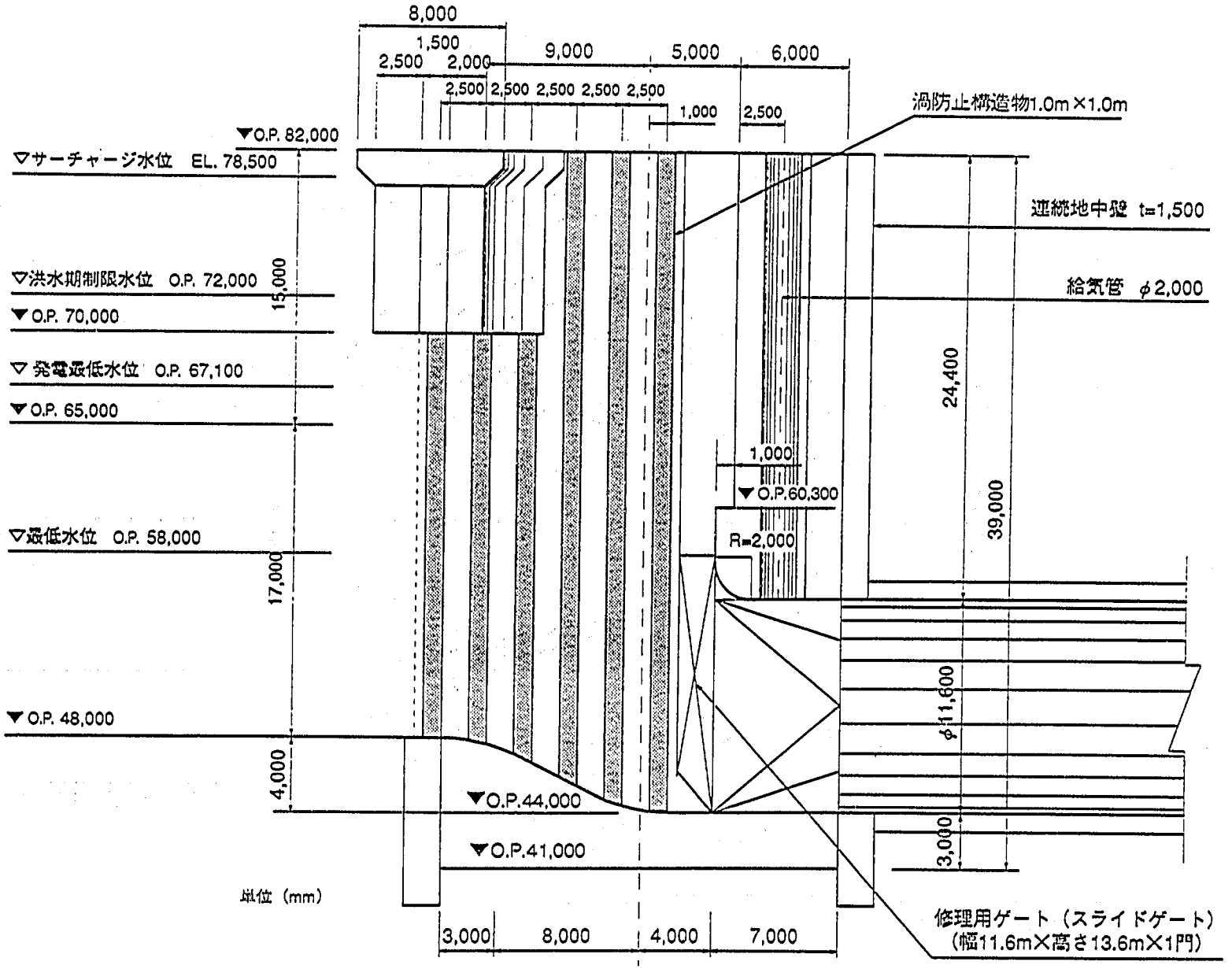
図－3.29　流入部の流況（比較案A３，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）



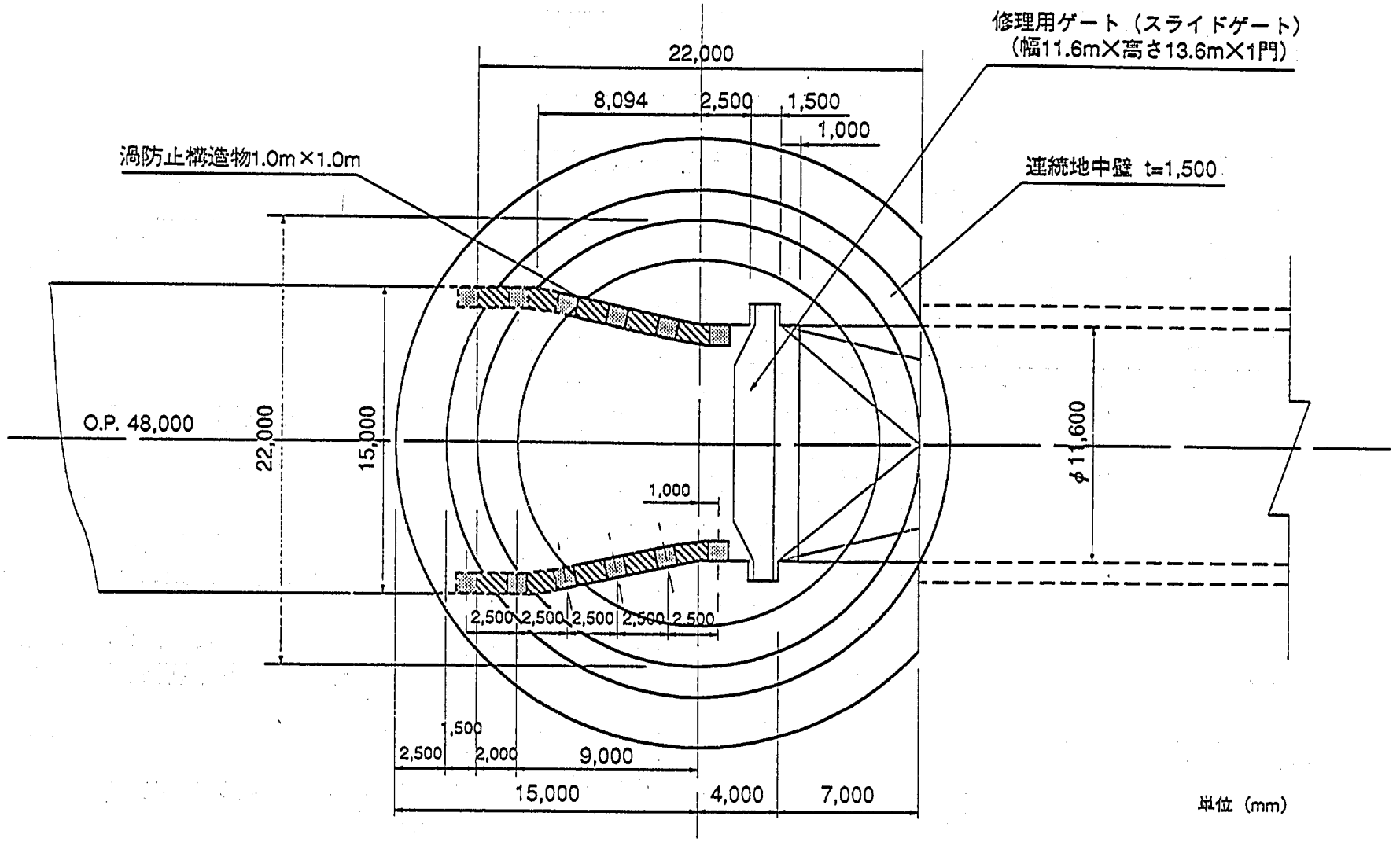
図－3.30　管路部～放流管部の流況（比較案A３，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）



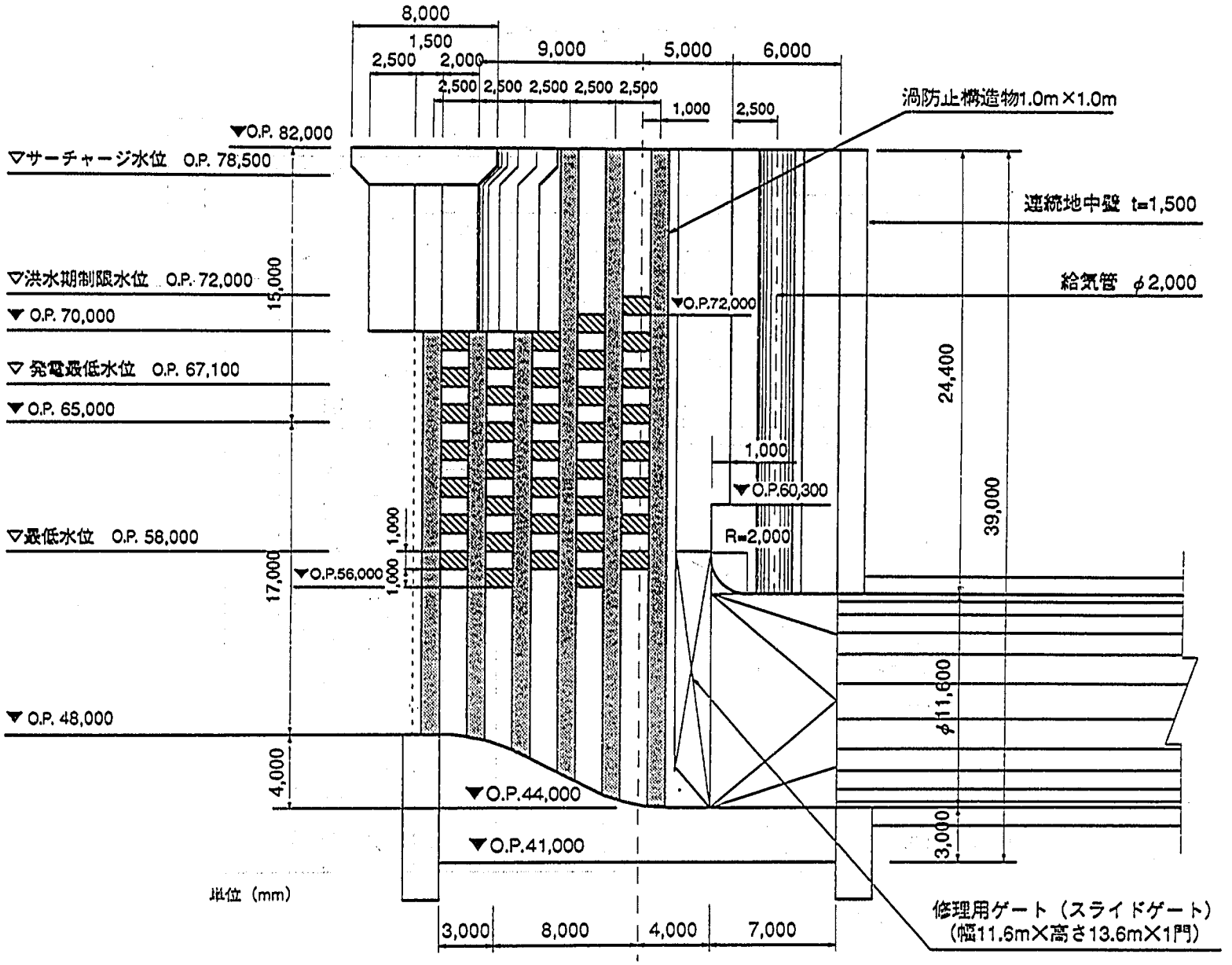
図－3.31　流入部構造図（比較案A５，平面図）



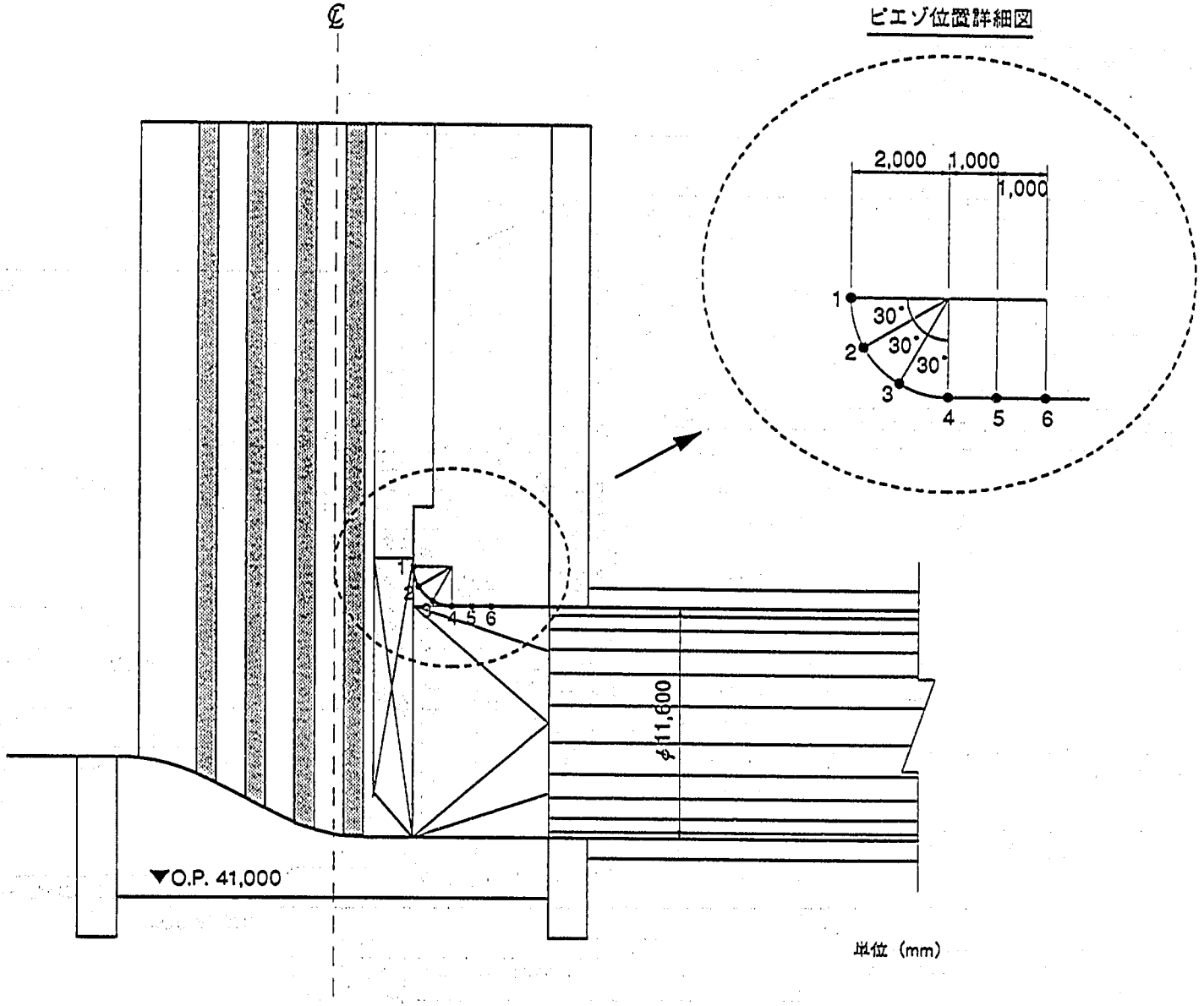
図－3.32　流入部構造図（比較案A５，縦断図，前面壁下端標高O.P.70m）



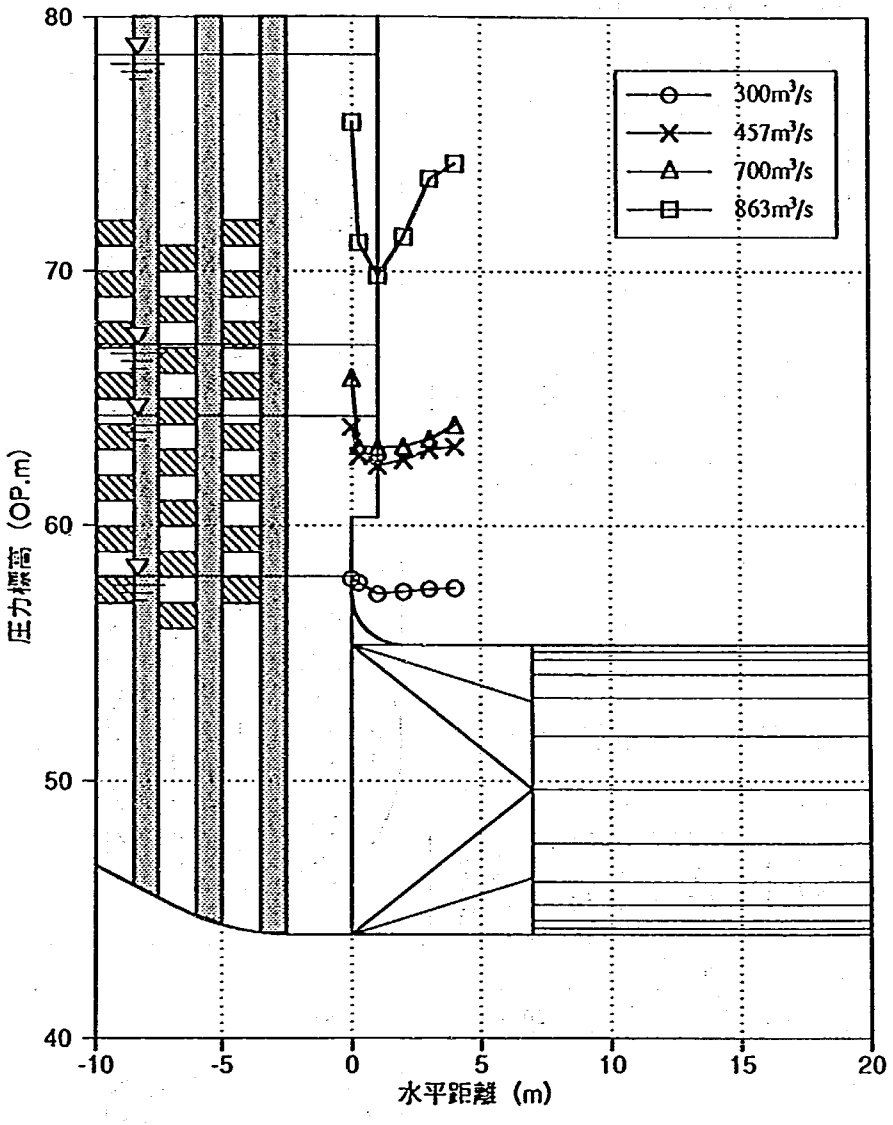
図－3.33　流入部構造図（最終案，平面図）



図－3.34 流入部構造図（最終案，縦断図）

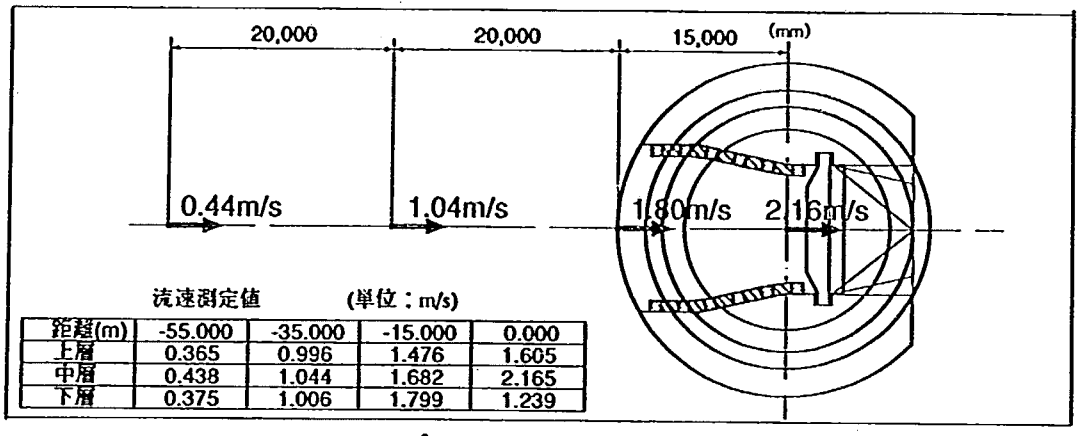


図－3.35　流入部ピエゾ埋設位置



図－3.36　流入部作用圧力分布（最終案）

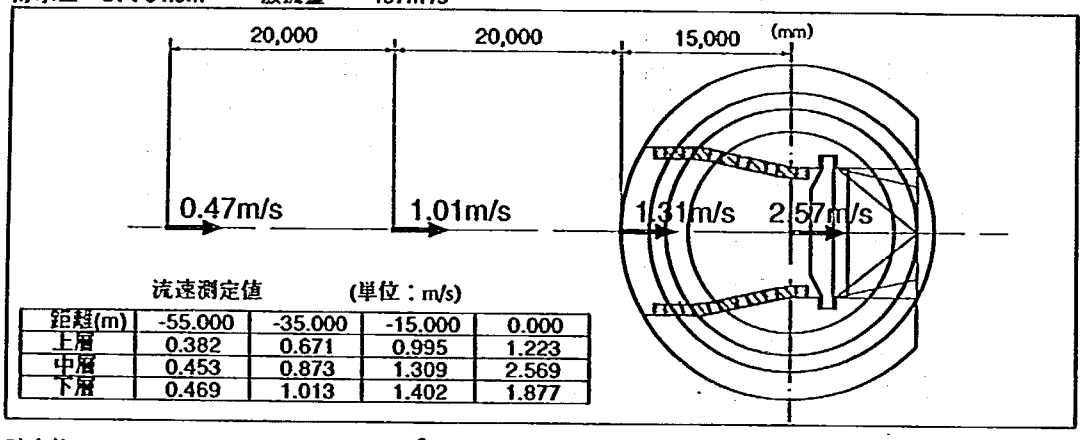
貯水位　OP. 58.0m　　放流量　300m³/s



流速測定値　　(単位：m/s)

距離(m)	-55.000	-35.000	-15.000	0.000
上層	0.365	0.996	1.476	1.605
中層	0.438	1.044	1.682	2.165
下層	0.375	1.006	1.799	1.239

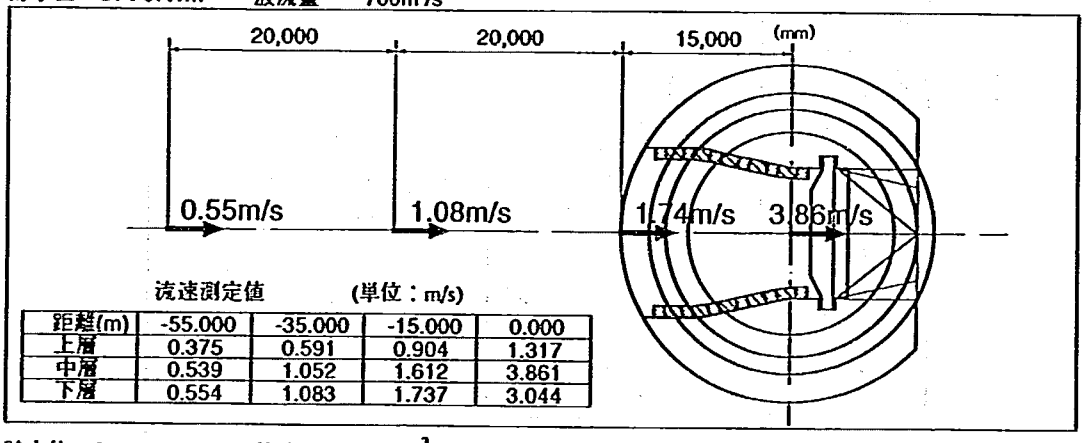
貯水位　OP. 64.3m　　放流量　457m³/s



流速測定値　　(単位：m/s)

距離(m)	-55.000	-35.000	-15.000	0.000
上層	0.382	0.671	0.995	1.223
中層	0.453	0.873	1.309	2.569
下層	0.469	1.013	1.402	1.877

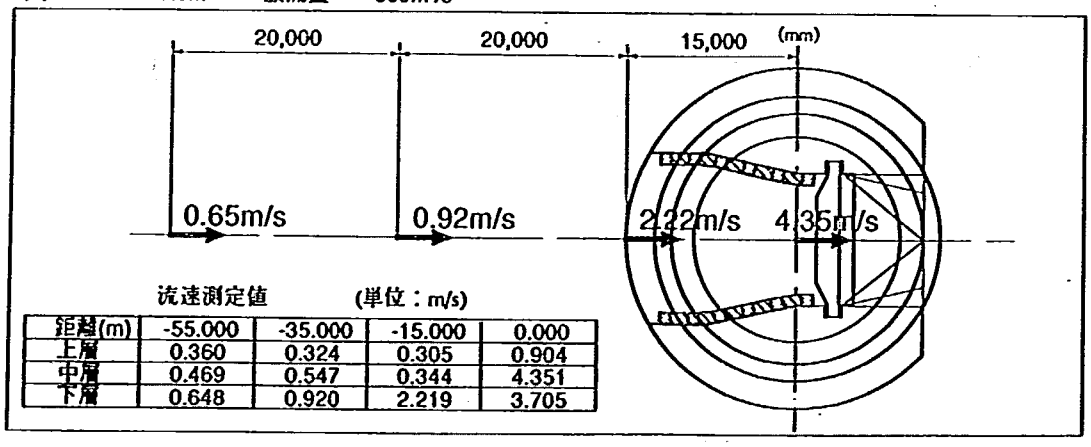
貯水位　OP. 67.1m　　放流量　700m³/s



流速測定値　　(単位：m/s)

距離(m)	-55.000	-35.000	-15.000	0.000
上層	0.375	0.591	0.904	1.317
中層	0.539	1.052	1.612	3.861
下層	0.554	1.083	1.737	3.044

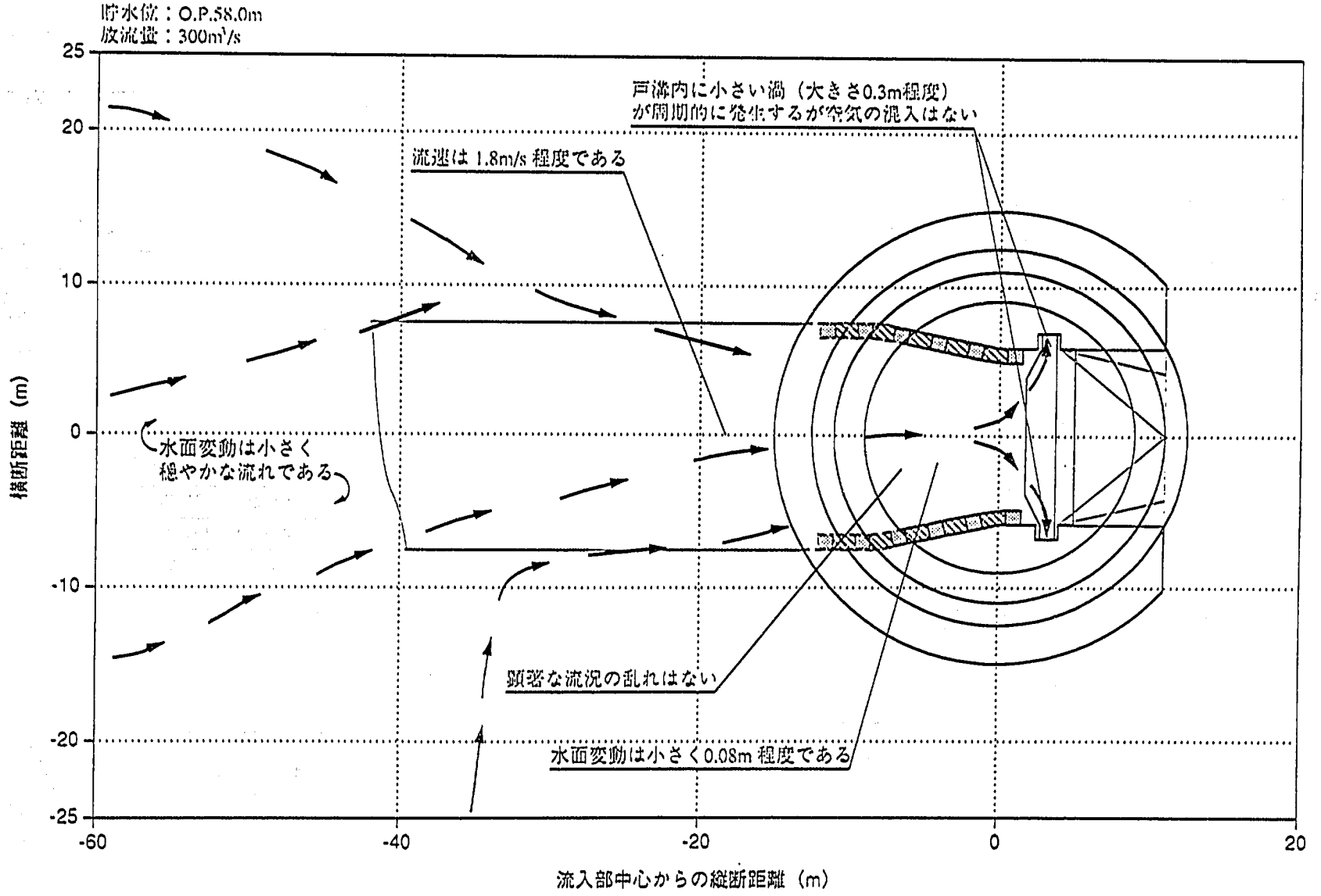
貯水位　OP. 78.5m　　放流量　863m³/s



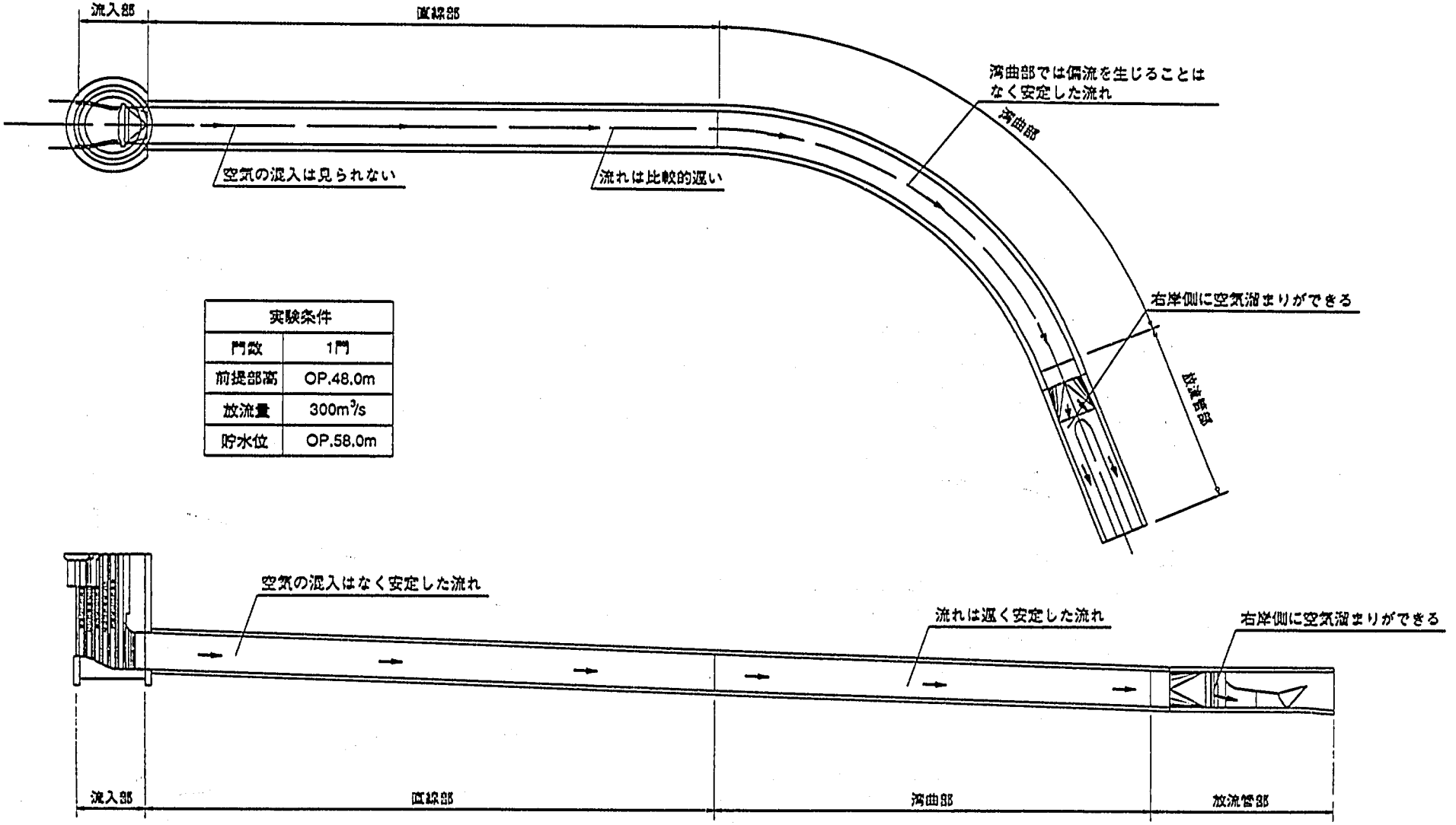
流速測定値　　(単位：m/s)

距離(m)	-55.000	-35.000	-15.000	0.000
上層	0.360	0.324	0.305	0.904
中層	0.469	0.547	0.344	4.351
下層	0.648	0.920	2.219	3.705

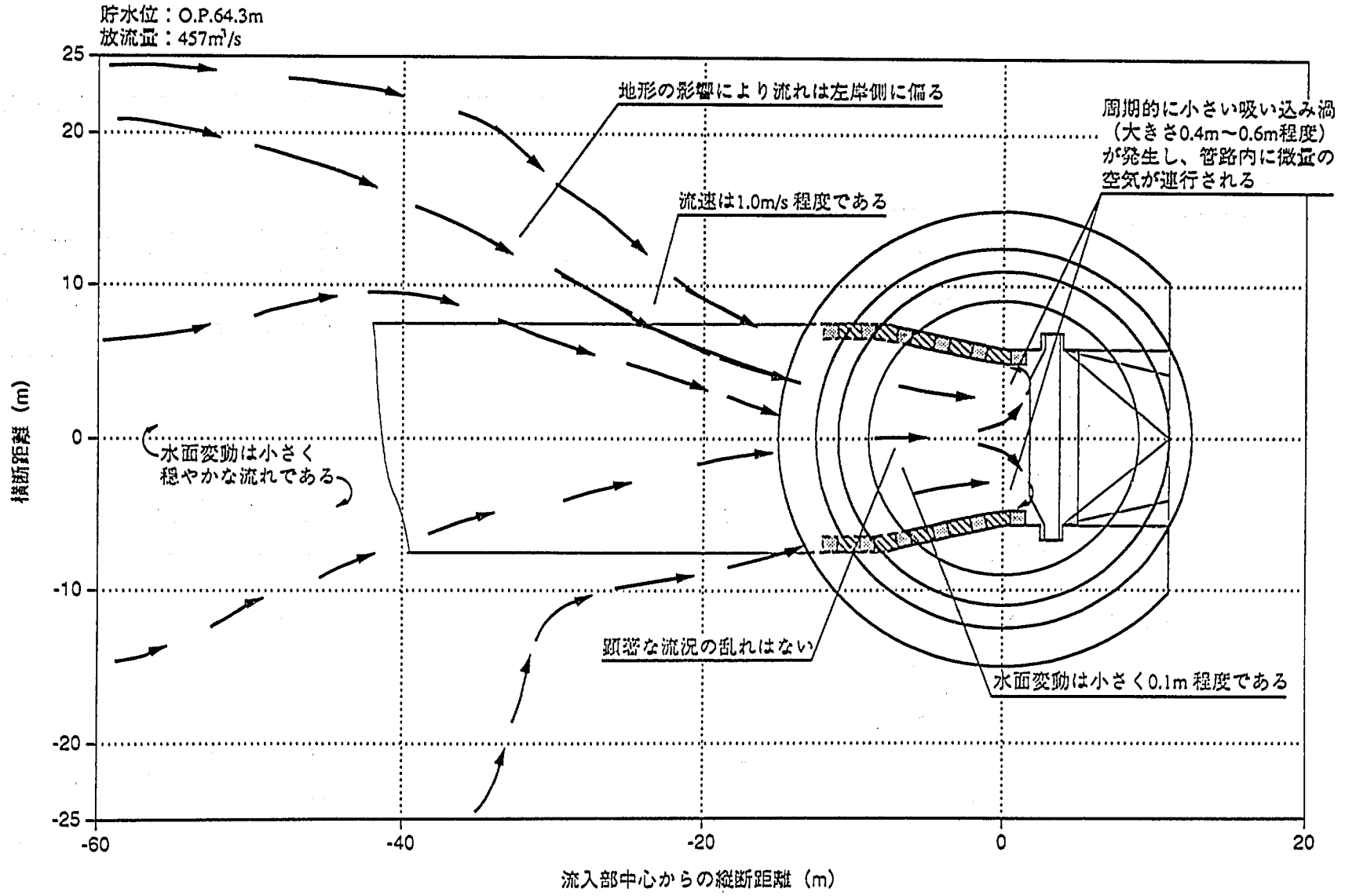
図－3.37　流入部付近の流速分布（最終案）



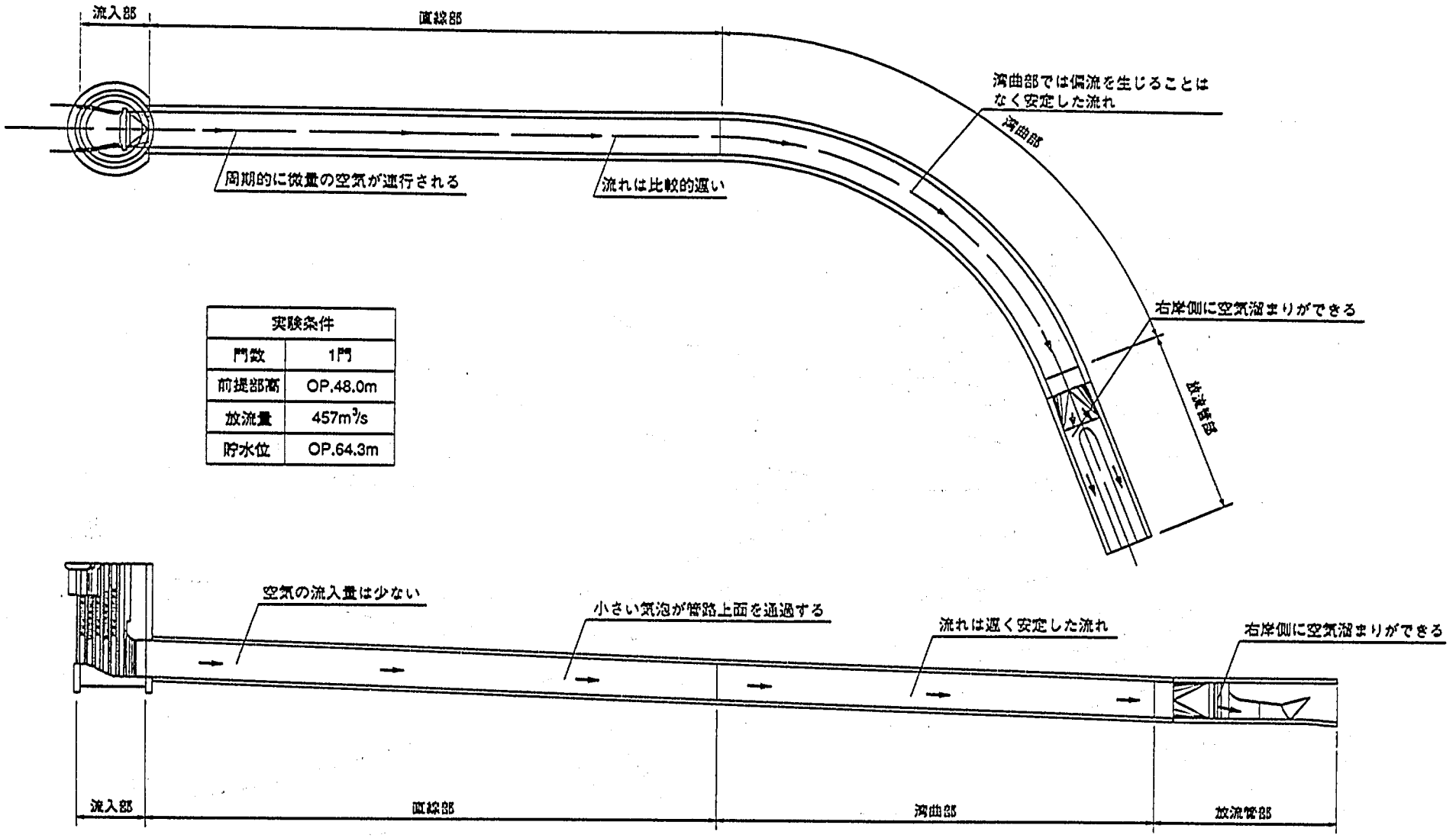
図－3.38　流入部の流況（最終案，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）



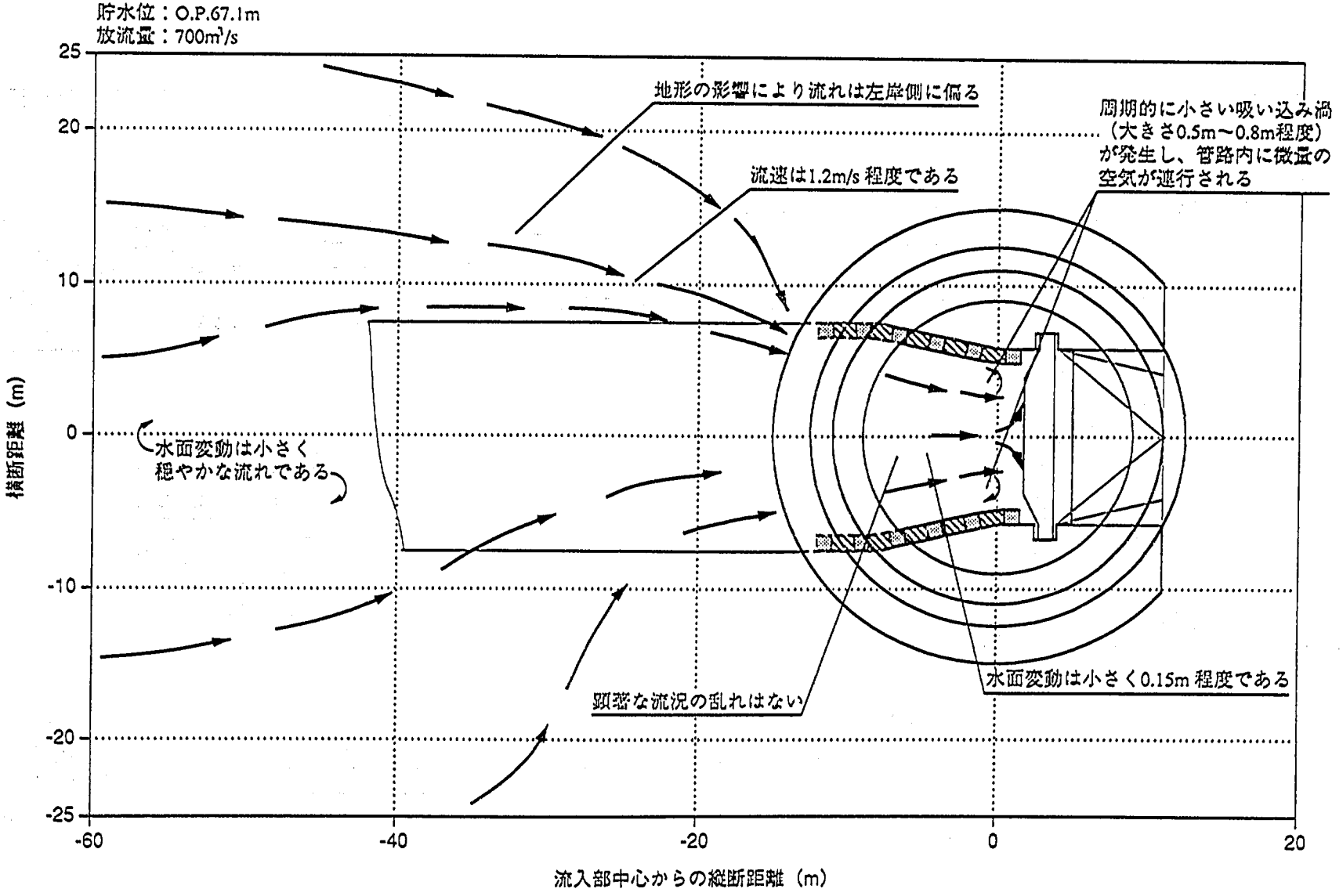
図－3.39　管路部～放流管部の流況（最終案，H＝O.P.58.0m，Q＝300㎥/s）



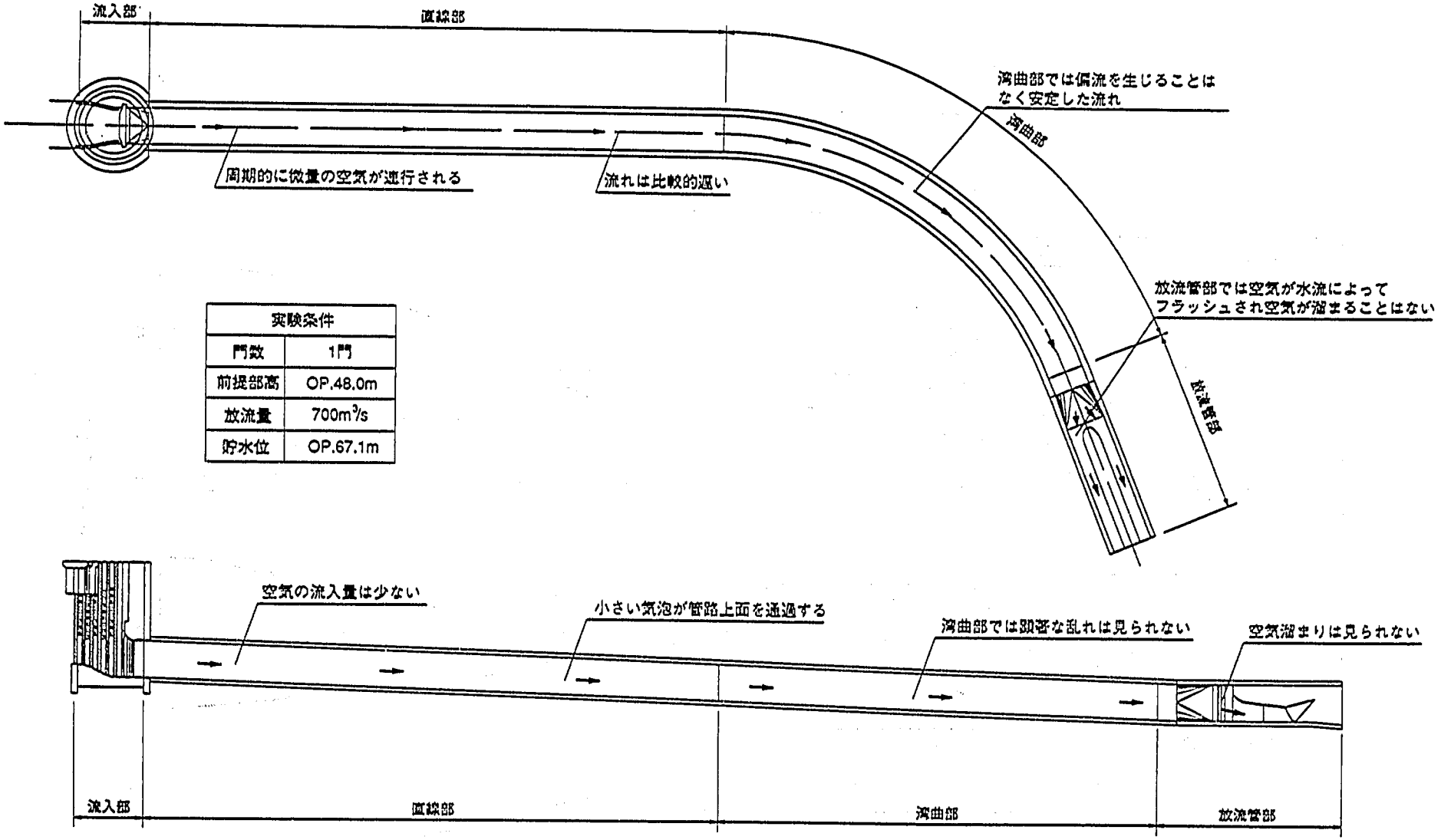
図－3.40　流入部の流況（最終案，H＝O.P.64.3m，Q＝457㎥/s）



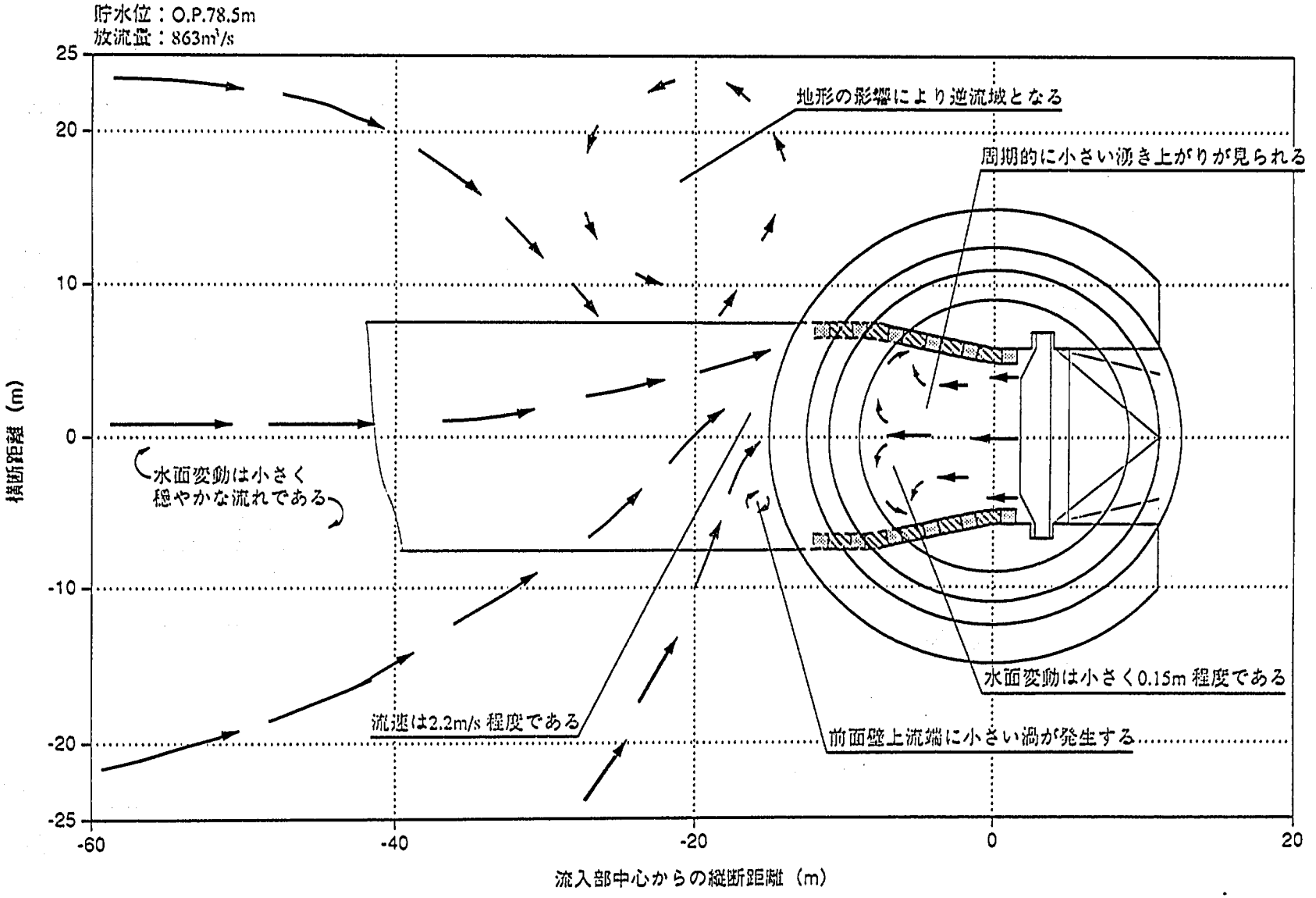
図－3.41　管路部～放流管部の流況（最終案，H＝O.P.64.3m，Q＝457㎥/s）



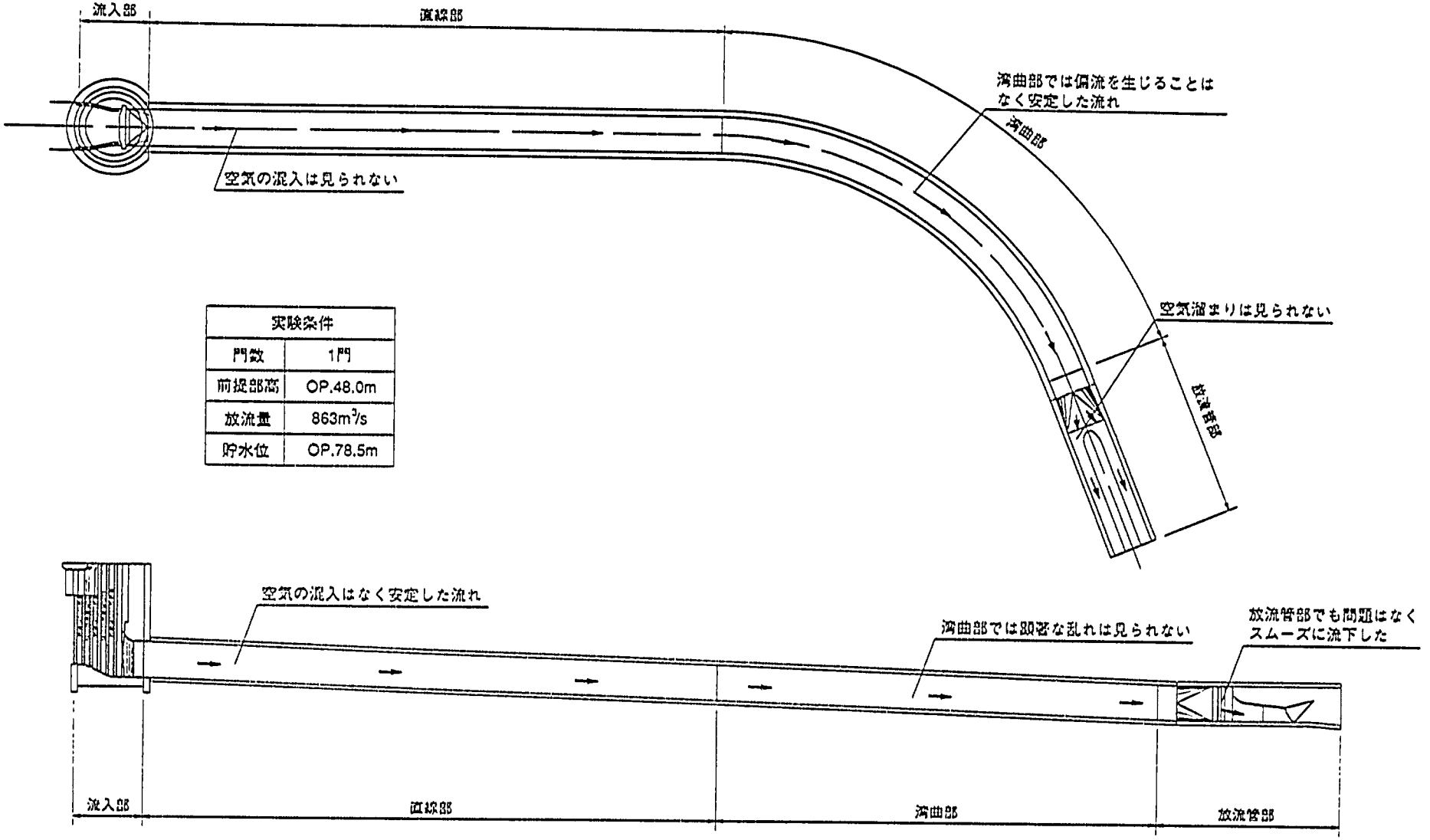
図－3.42　流入部の流況（最終案，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）



図－3.43　管路部～放流管部の流況（最終案，H＝O.P.67.1m，Q＝700㎥/s）

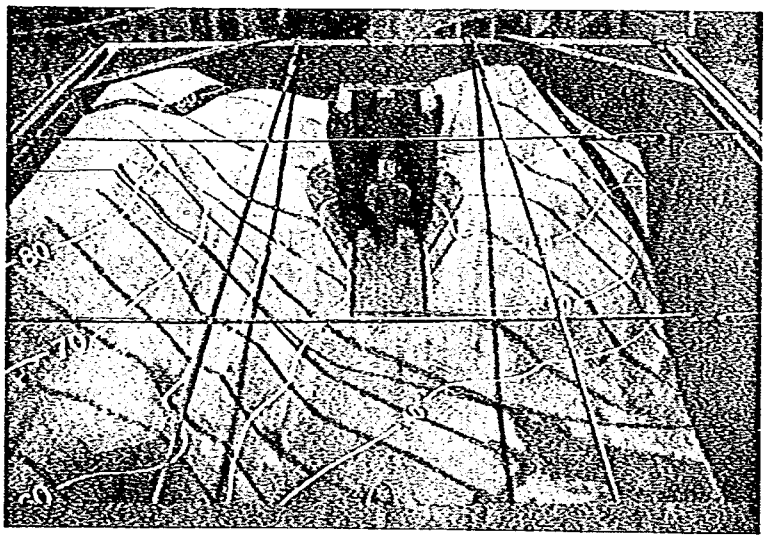


図－3.44　流入部の流況（最終案，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）



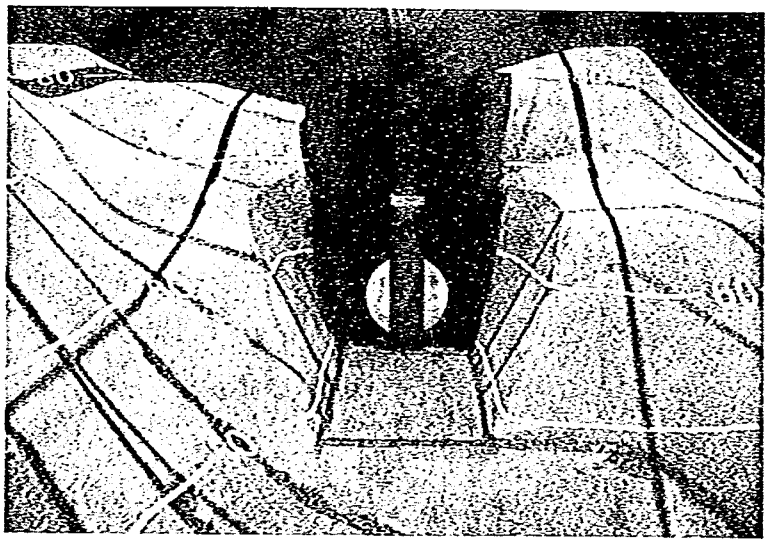
実験条件	
門数	1門
前提部高	OP.48.0m
放流量	863m³/s
貯水位	OP.78.5m

図－3.45　管路部～放流管部の流況（最終案，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）



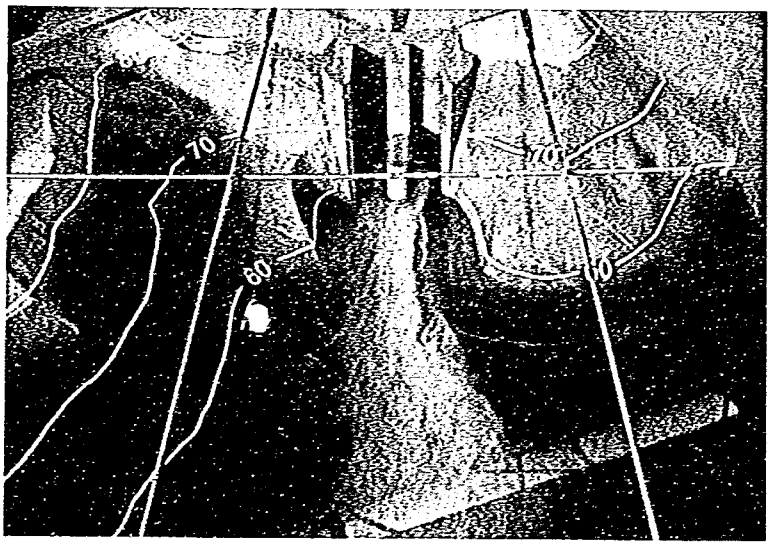
比較案A 1

写真－3.1　流入部模型形状 a



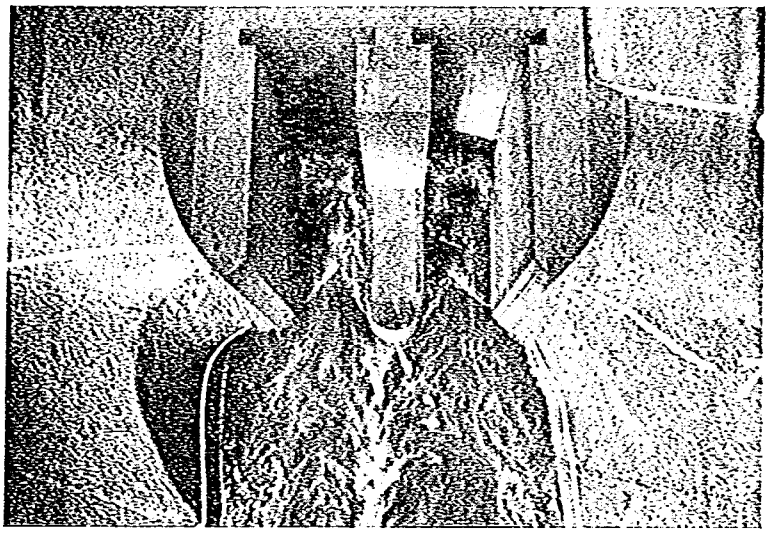
比較案A 1

写真－3.2　流入部模型形状 b



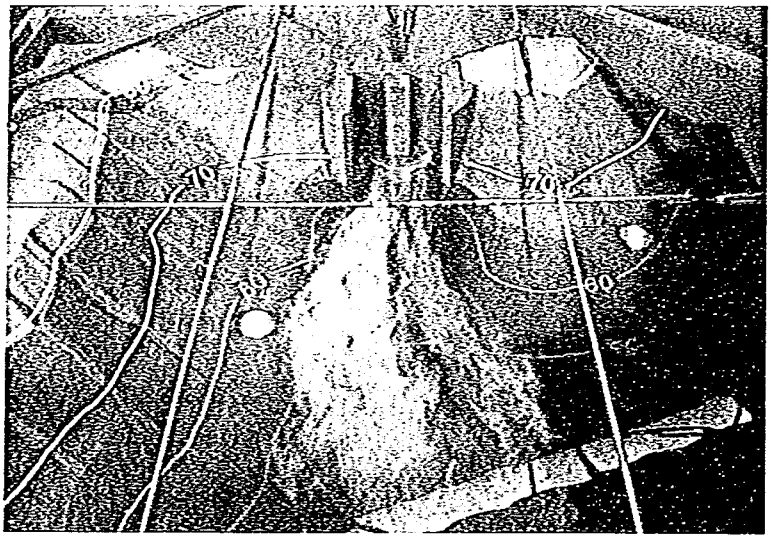
比較案A 1
H＝O.P.58.0m
Q＝300㎥/s
前庭部の高さ：O.P.48m

写真－3.3　流入部の流況 a



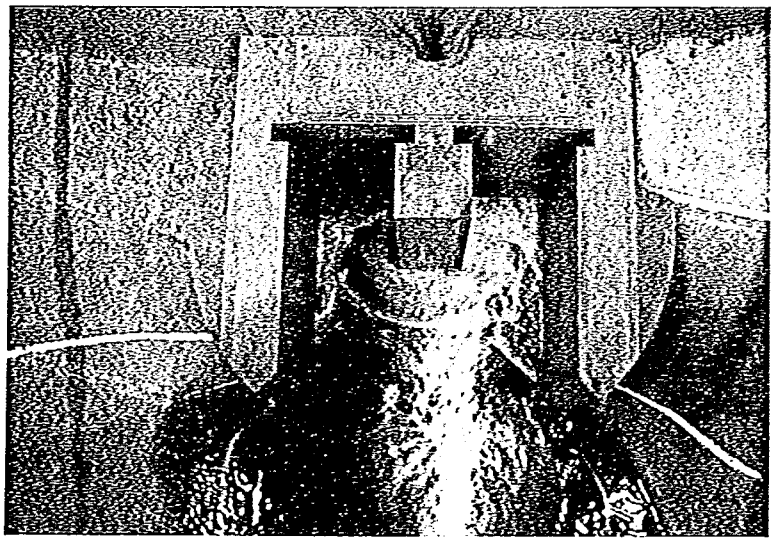
比較案A 1
H＝O.P.58.0m
Q＝300㎥/s
前庭部の高さ：O.P.48m

写真－3.4　流入部の流況 b



比較案A 1
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s
前庭部の高さ：O.P.48m

写真－3.5　流入部の流況 a



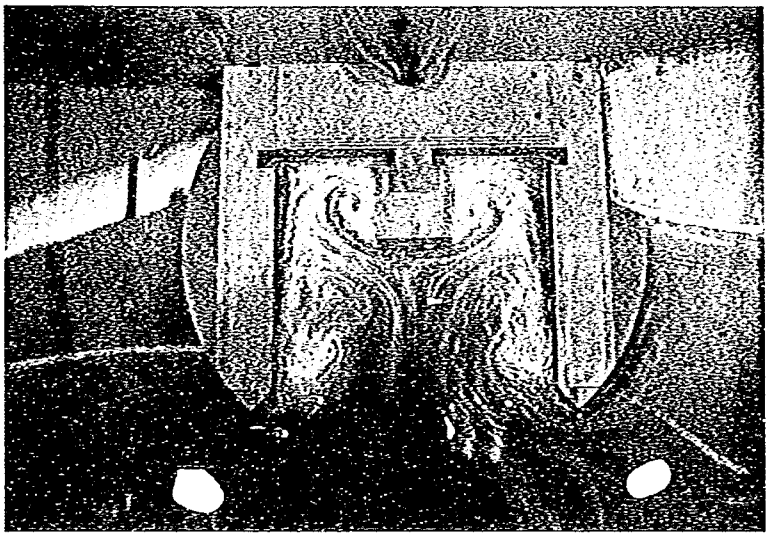
比較案A 1
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s
前庭部の高さ：O.P.48m

写真－3.6　流入部の流況 b



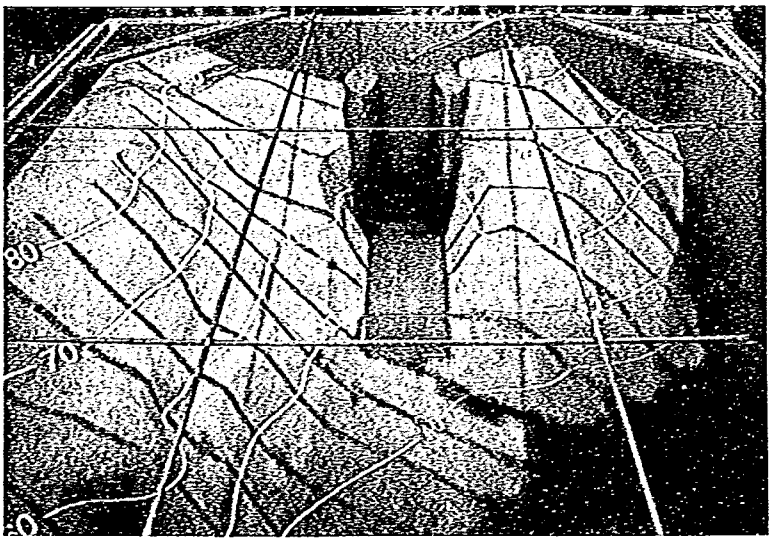
比較案A 1
H＝O.P.78.5m
Q＝858㎥/s
前庭部の高さ：O.P.48m

写真－3.7　流入部の流況 a



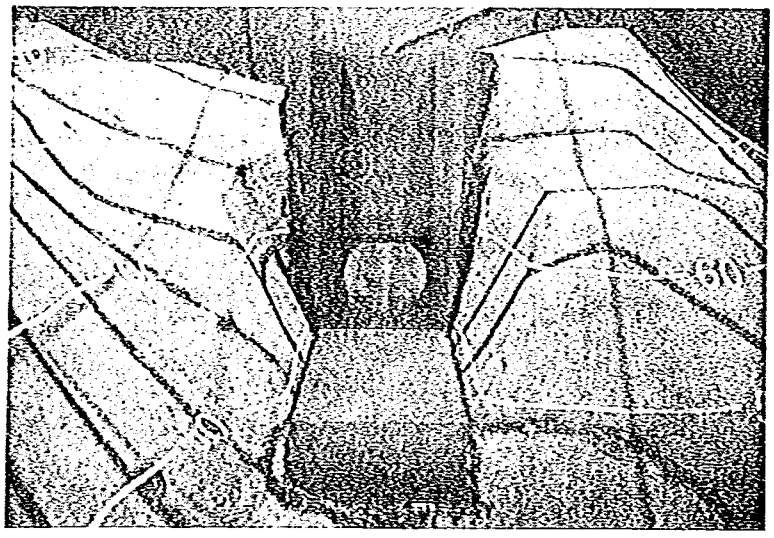
比較案A 1
H＝O.P.78.5m
Q＝858㎥/s
前庭部の高さ：O.P.48m

写真－3.8　流入部の流況 b



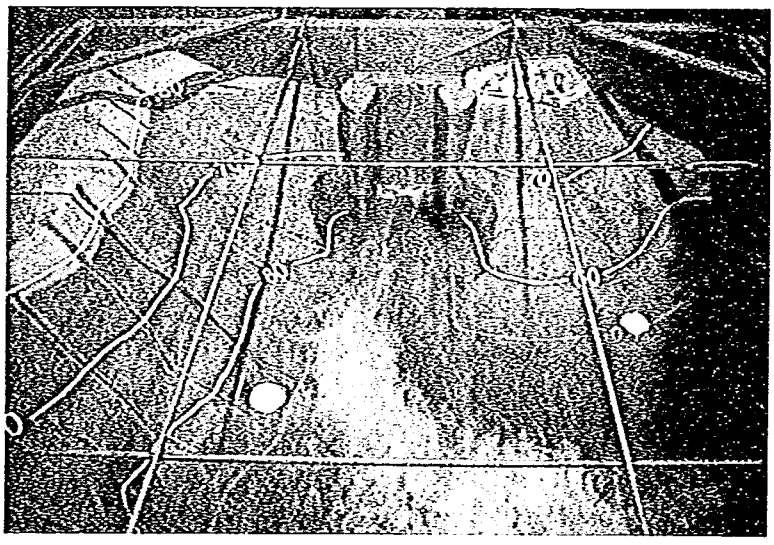
比較案A 2

写真－3.9　流入部模型形状 a



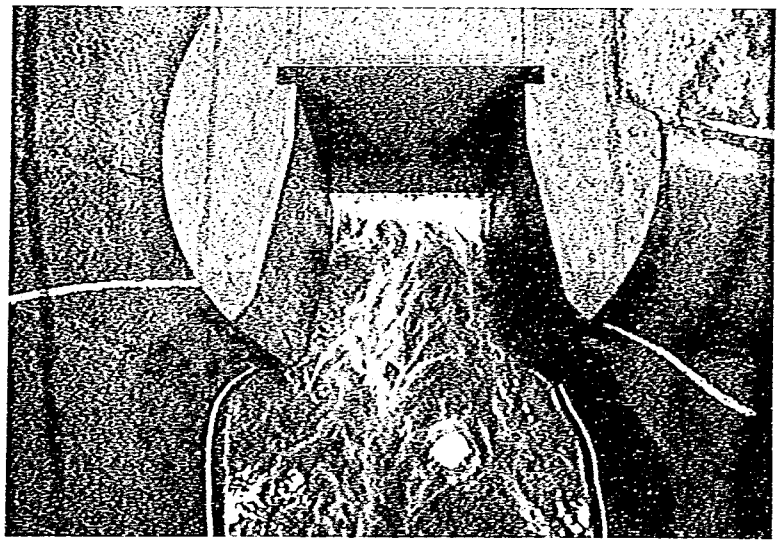
比較案A 2

写真－3.10　流入部模型形状 b



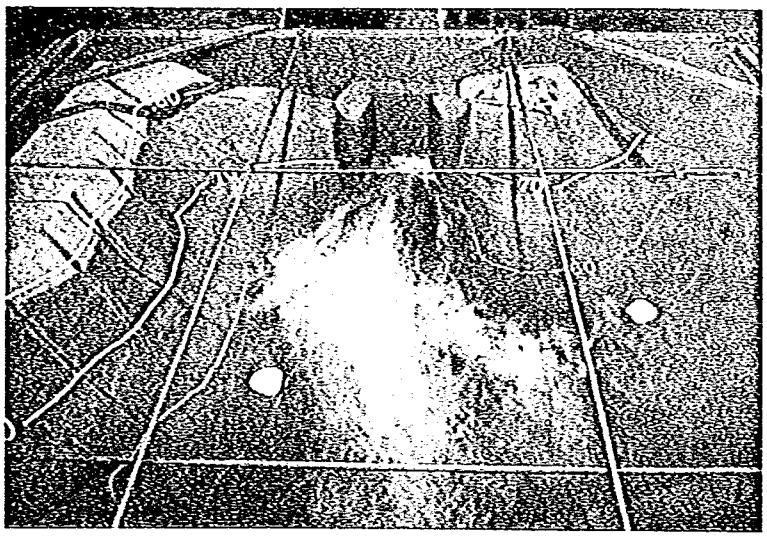
比較案A 2
H＝O.P.58.0m
Q＝300㎥/s
前庭部の高さ：O.P.48m

写真－3.11　流入部の流況 a



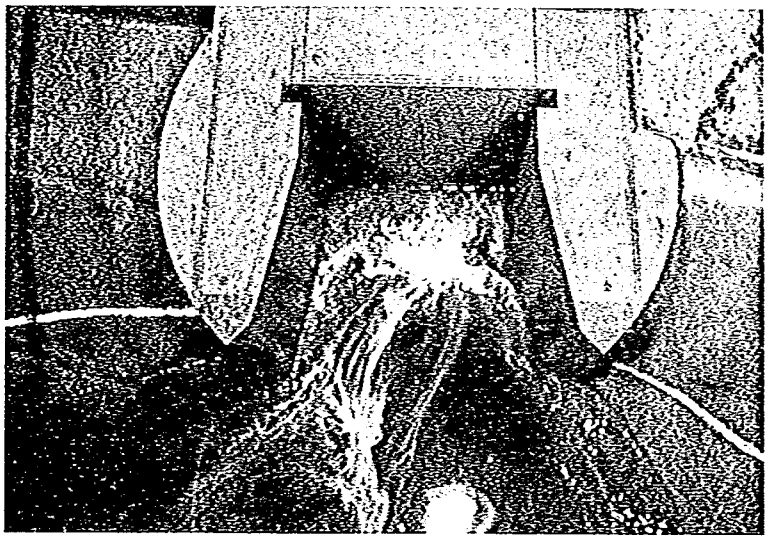
比較案A 2
H＝O.P.58.0m
Q＝300㎥/s
前庭部の高さ：O.P.48m

写真－3.12　流入部の流況 b



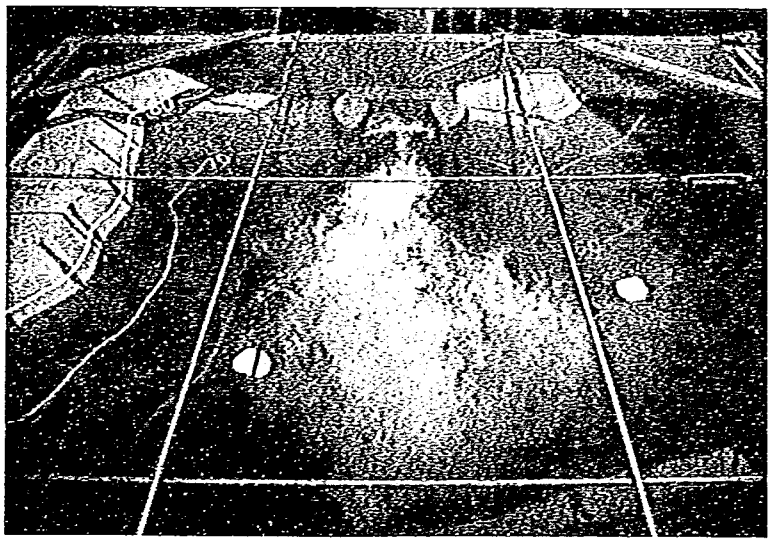
比較案A 2
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s
前庭部の高さ：O.P.48m

写真－3.13　流入部の流況 a



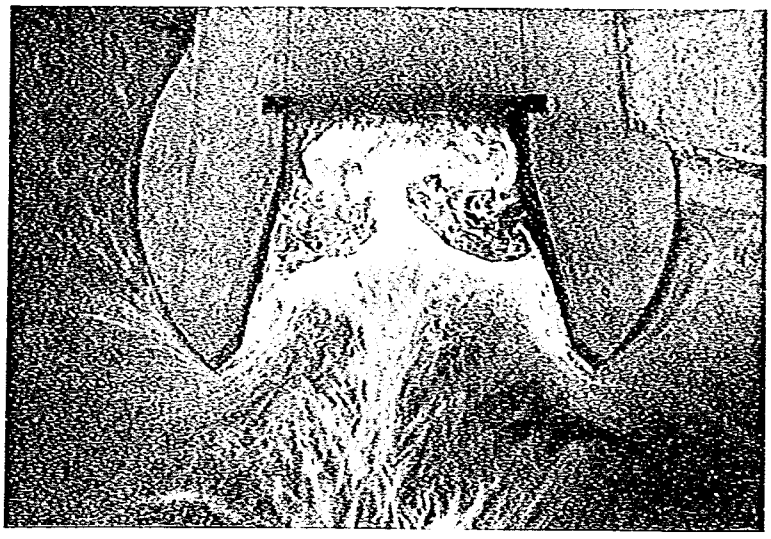
比較案A 2
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s
前庭部の高さ：O.P.48m

写真－3.14　流入部の流況 b



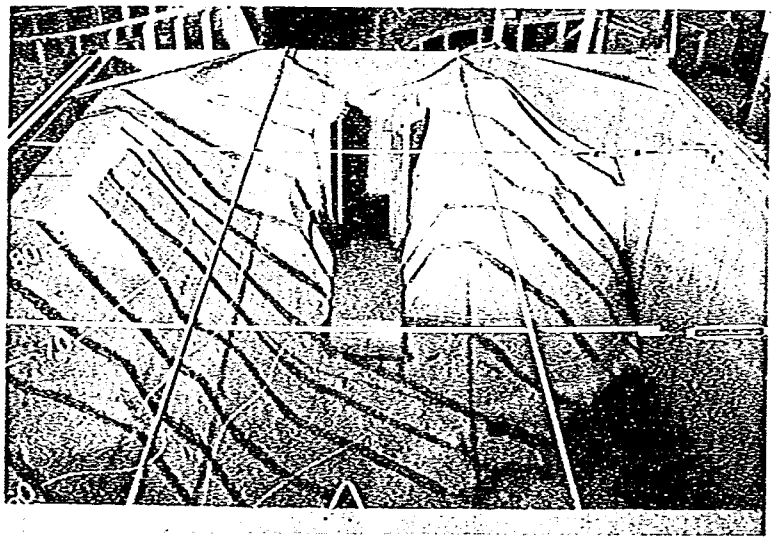
比較案A 2
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s
前庭部の高さ：O.P.48m

写真－3.15　流入部の流況 a



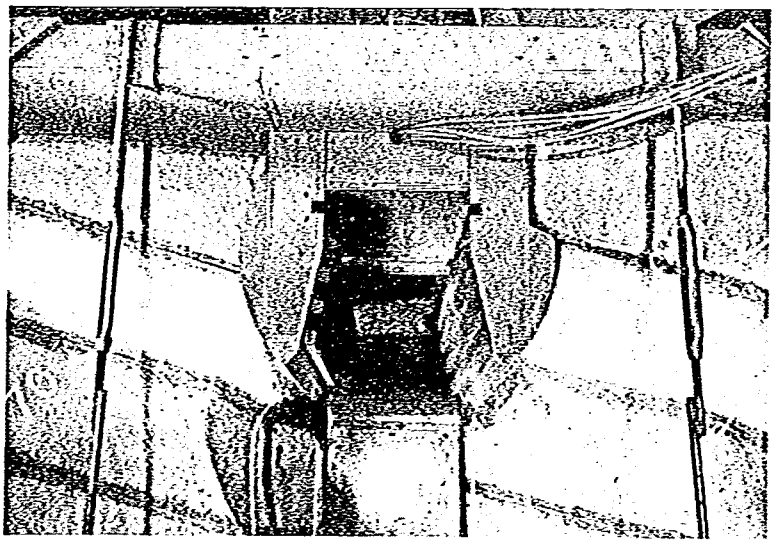
比較案A 2
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s
前庭部の高さ：O.P.48m

写真－3.16　流入部の流況 b



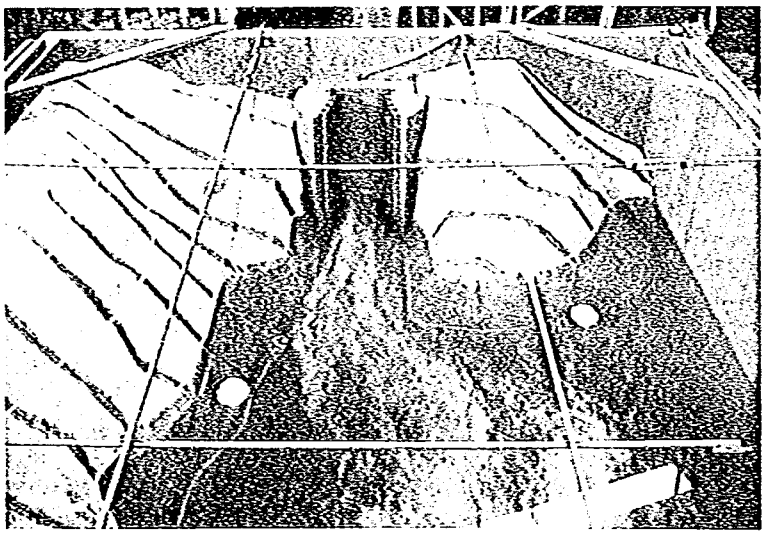
比較案A 3

写真－3.17　流入部模型形状 a



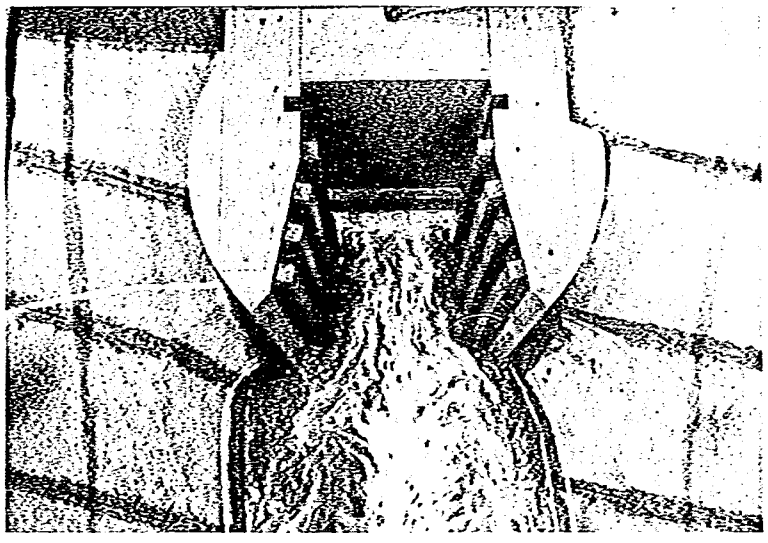
比較案A 3

写真－3.18　流入部模型形状 b



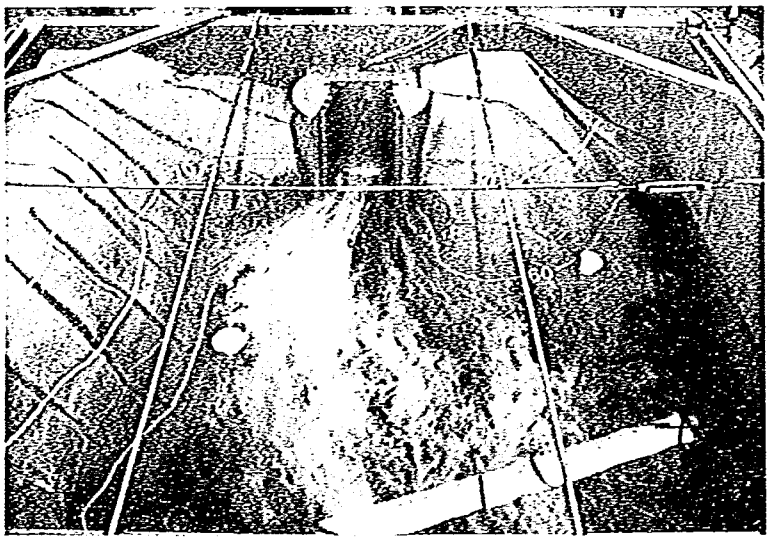
比較案A 3
H＝O.P.58.0m
Q＝300㎥/s

写真－3.19　流入部の流況 a



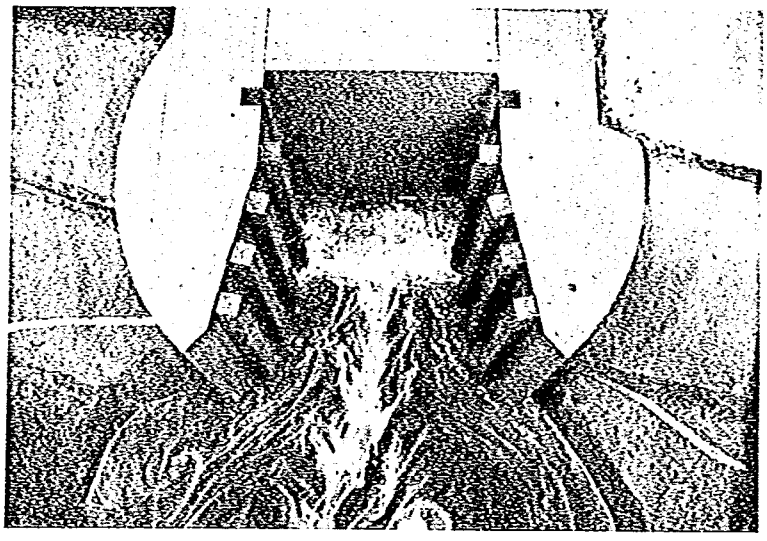
比較案A 3
H＝O.P.58.0m
Q＝300㎥/s

写真－3.20　流入部の流況 b



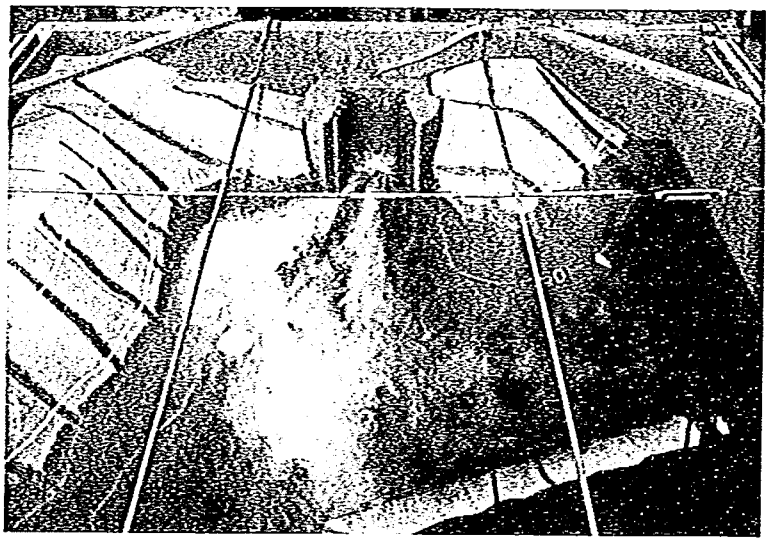
比較案A 3
H＝O.P.61.3m
Q＝457㎥/s

写真－3.21　流入部の流況 a



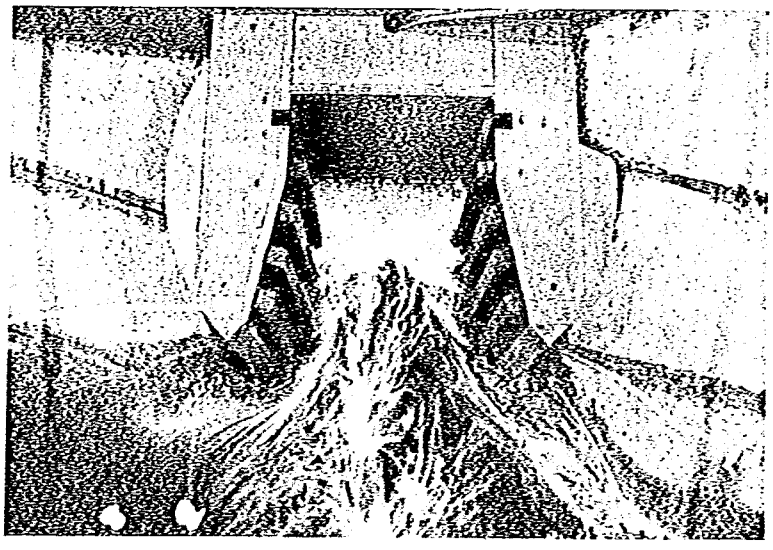
比較案A 3
H＝O.P.64.3m
Q＝457㎥/s

写真－3.22　流入部の流況 b



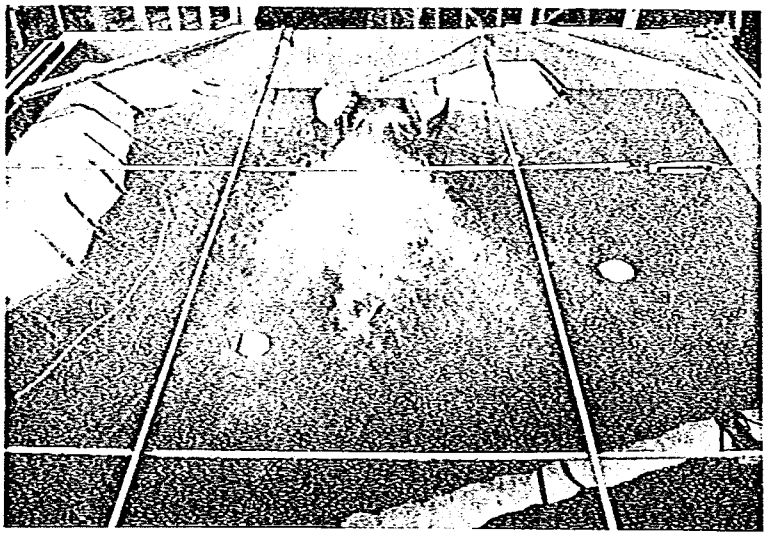
比較案A 3
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s

写真－3.23　流入部の流況 a



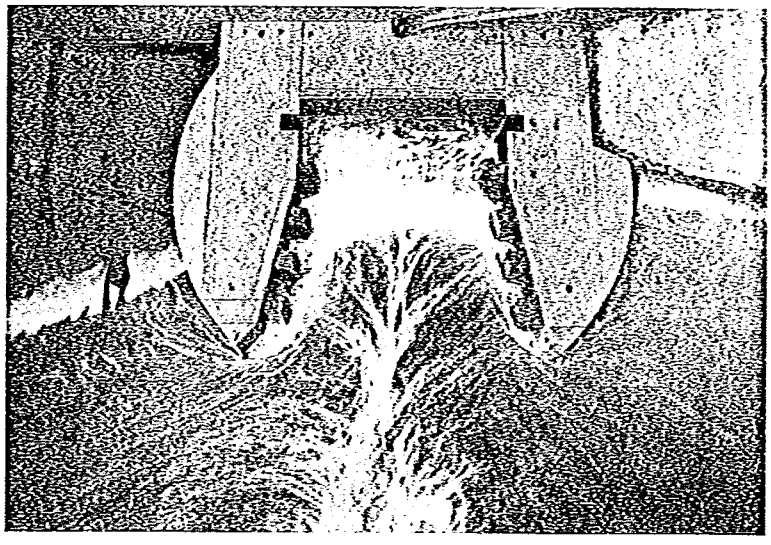
比較案A 3
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s

写真－3.24　流入部の流況 b



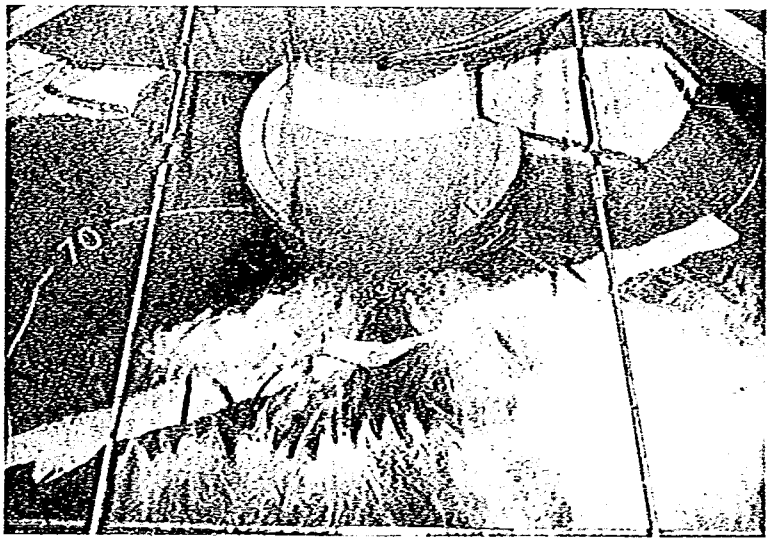
比較案A 3
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－3.25　流入部の流況 a



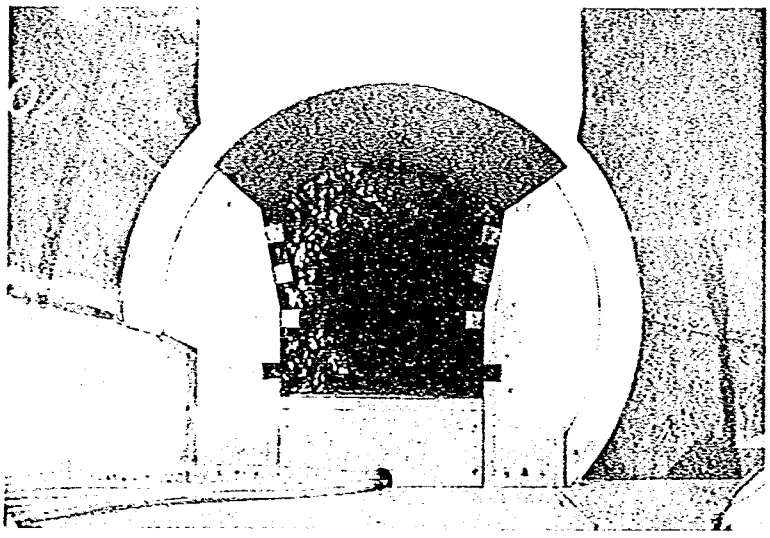
比較案A 3
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－3.26　流入部の流況 b



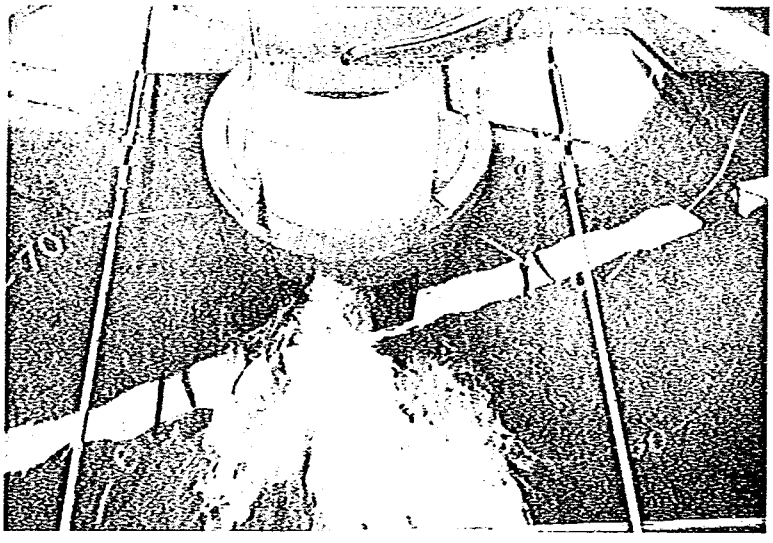
比較案A 4
前面壁下端標高O.P.72m
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－3.27　流入部の流況 a



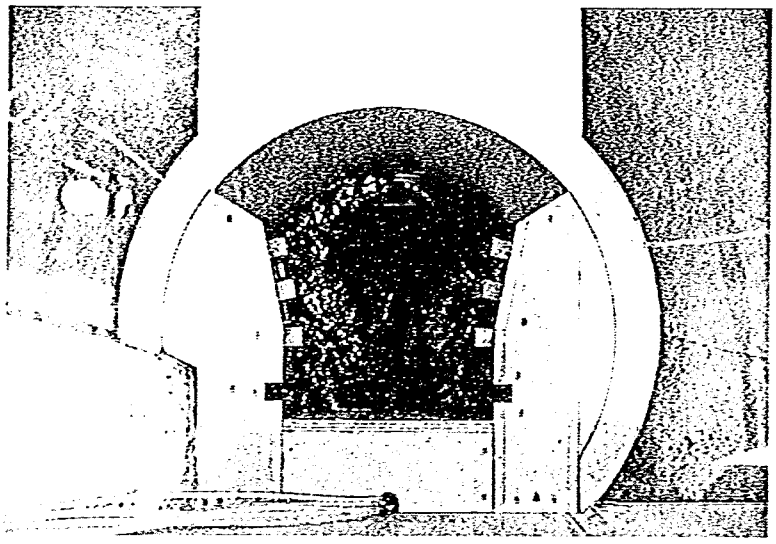
比較案A 4
前面壁下端標高O.P.72m
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－3.28　流入部の流況 b



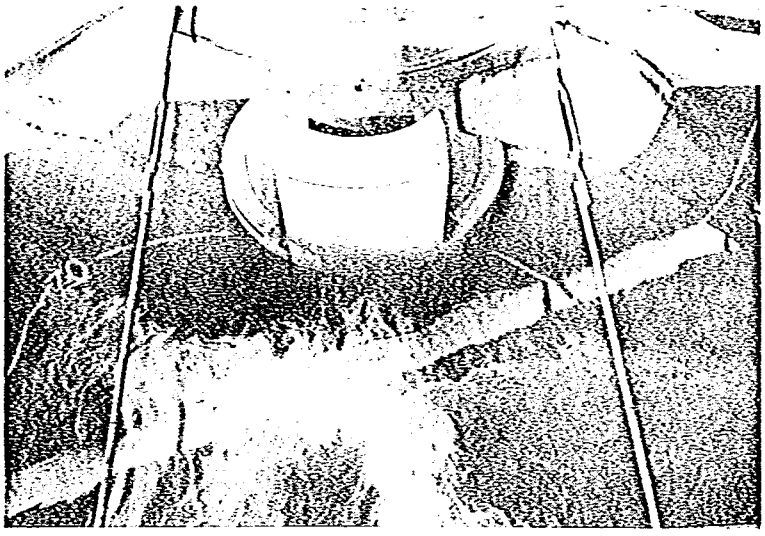
比較案A 5
前面壁下端標高O.P.70m
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－3.29　流入部の流況 a



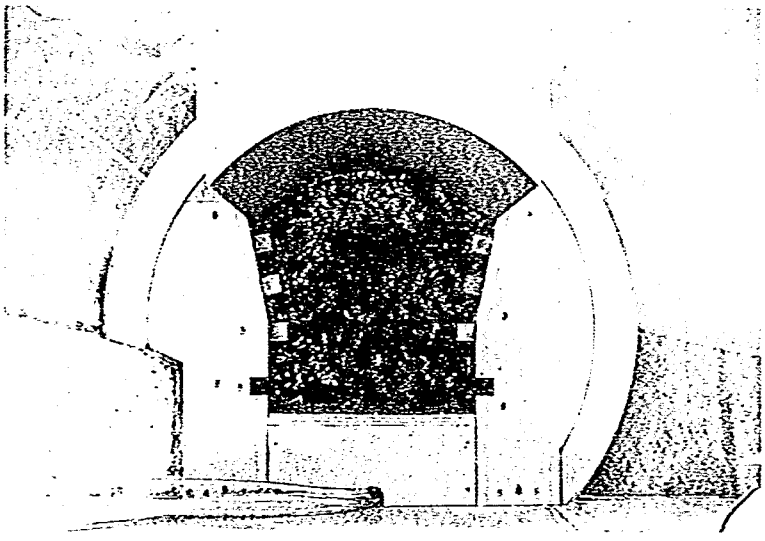
比較案A 5
前面壁下端標高O.P.70m
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－3.30　流入部の流況 b



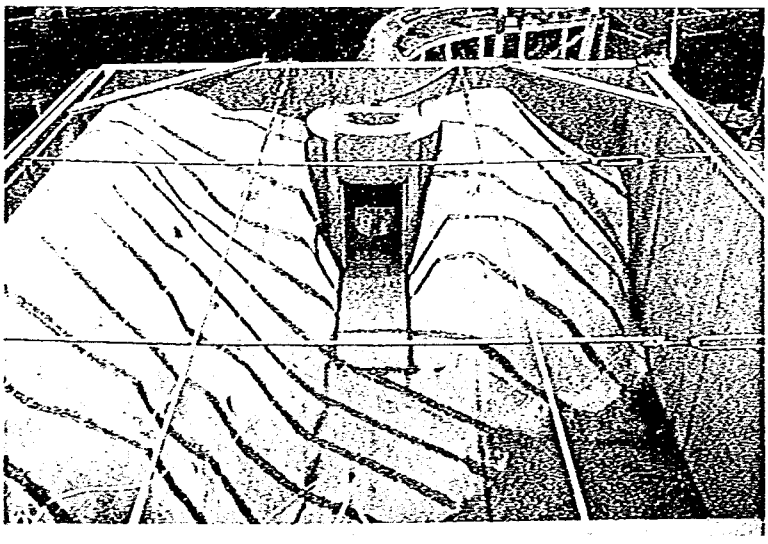
比較案A 6
前面壁下端標高O.P.68m
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－3.31　流入部の流況 a



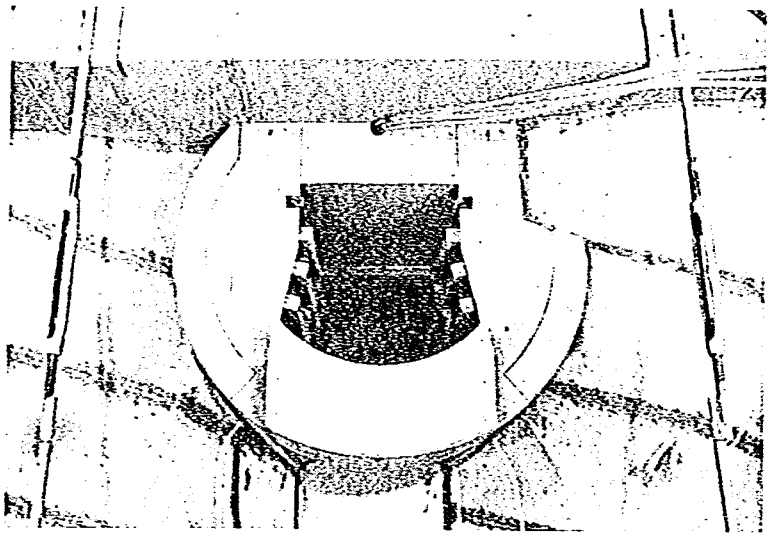
比較案A 6
前面壁下端標高O.P.68m
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－3.32　流入部の流況 b



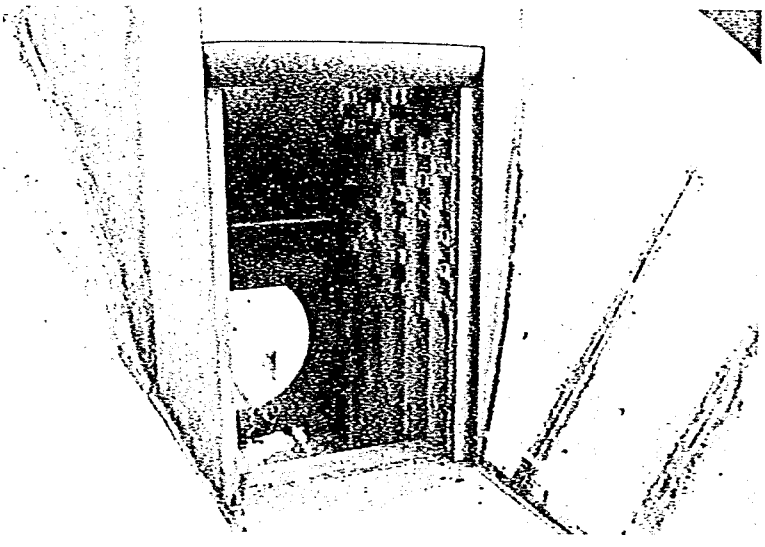
最終案

写真－3.33　流入部模型形状 a



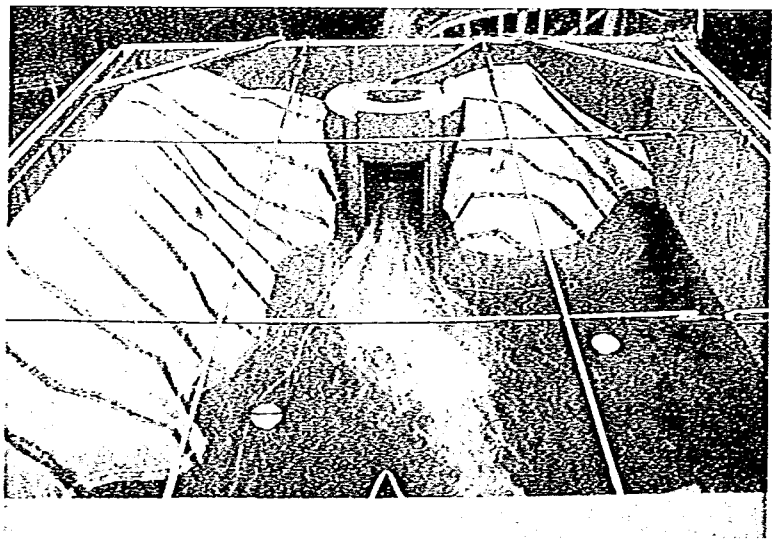
最終案

写真－3.34　流入模型形状 b



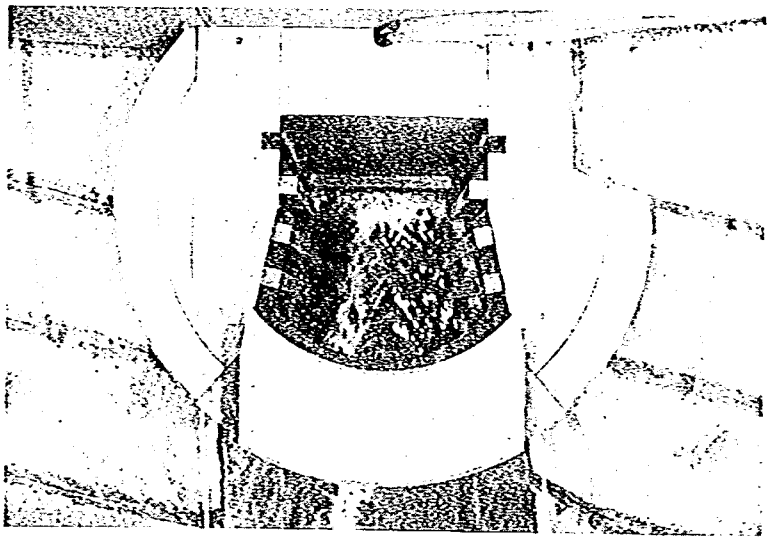
最終案

写真－3.35　流入模型形状 c



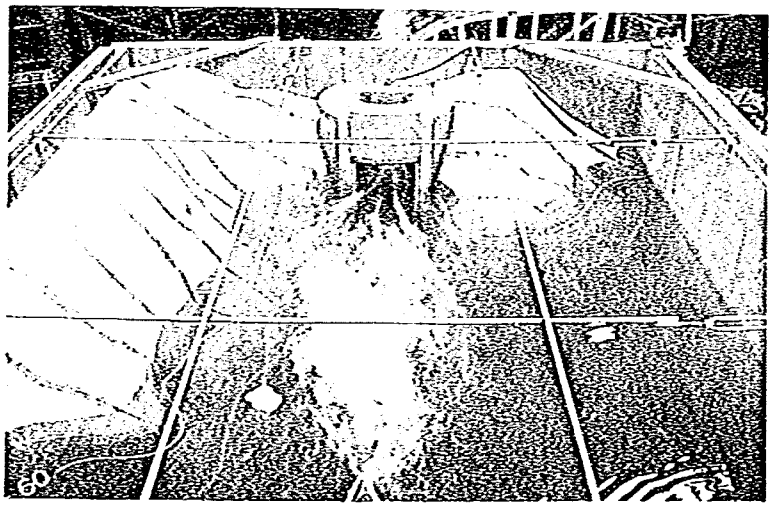
最終案
H＝O.P.58.0m
Q＝300㎥/s

写真－3.36　流入部の流況 a



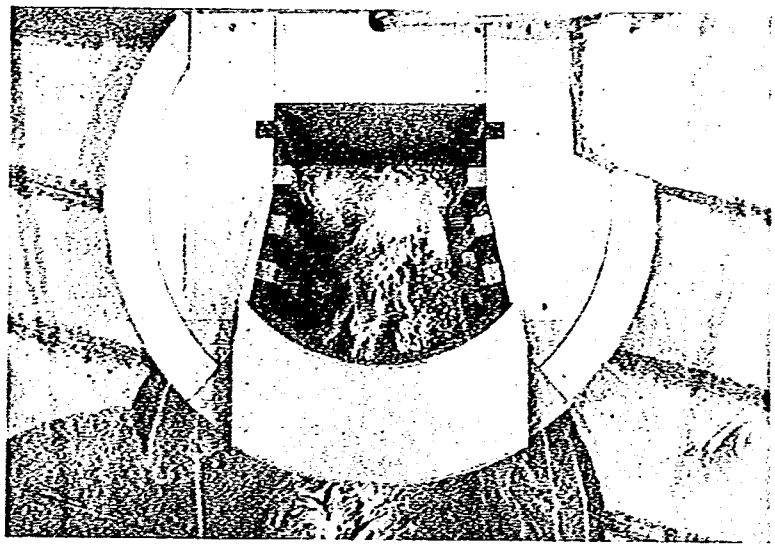
最終案
H＝O.P.58.0m
Q＝300㎥/s

写真－3.37　流入部の流況 b



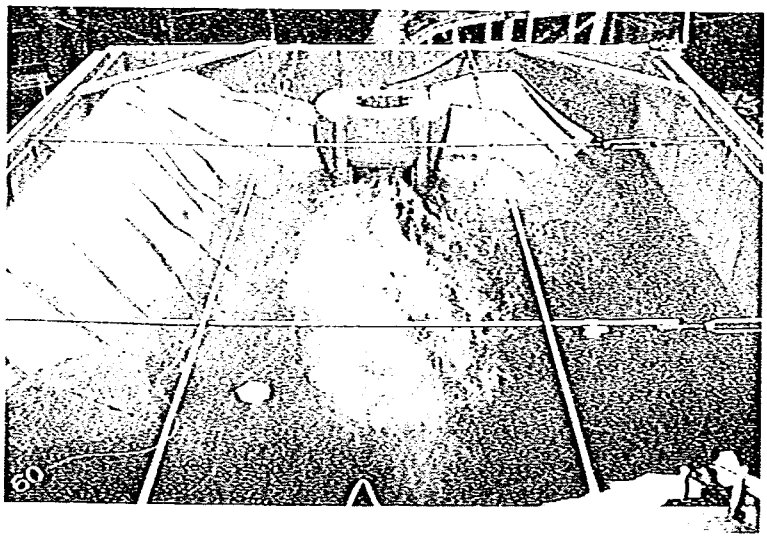
最終案
H＝O.P.64.3m
Q＝457㎥/s

写真－3.38　流入部の流況 a



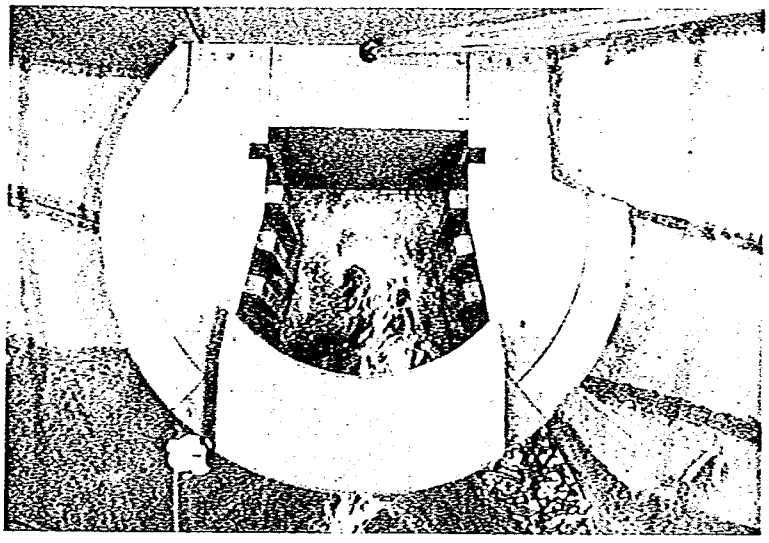
最終案
H＝O.P.64.3m
Q＝457㎥/s

写真－3.39　流入部の流況 b



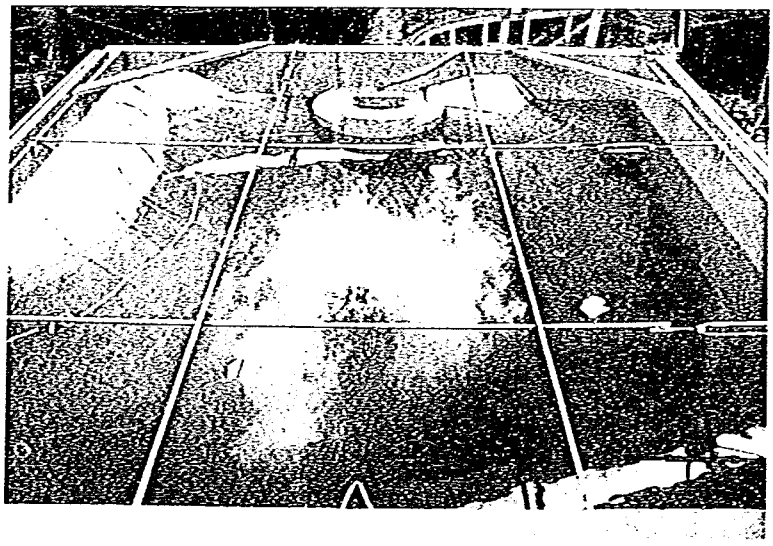
最終案
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s

写真－3.40　流入部の流況 a



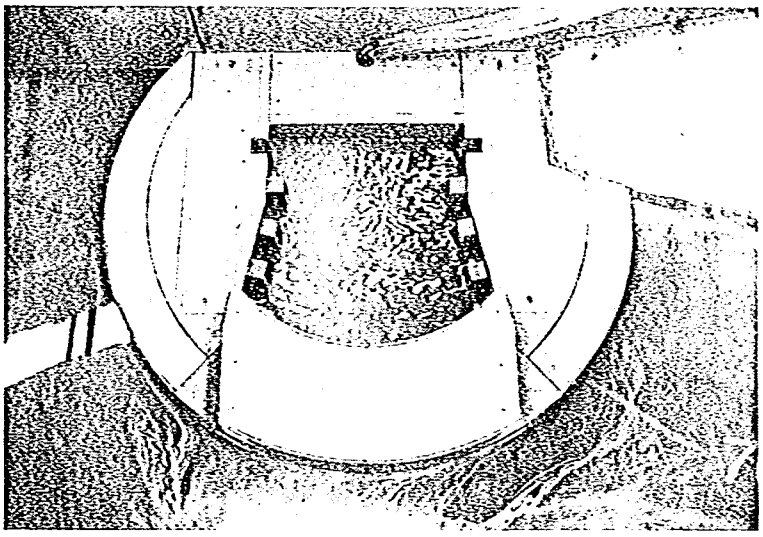
最終案
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s

写真－3.41　流入部の流況 b



最終案
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－3.42　流入部の流況 a



最終案
H＝O.P.78.5m
Q＝863m³/s

写真－3.43　流入部の流況 b

第4章　管路部・放流管部の検討

第4章　管路部・放流管部の検討

4.1　概要

管路部・放流管部に関しては、基本的に次の3点が水理設計上の留意点である。

・安定した流況が得られること。

・許容できない負圧が発生しないこと。

・所定の放流能力を満足すること

そこで、水理模型実験により、管路部・放流管部の流況、作用圧力、貯水位・ゲート開度および放流量の関係を調査し形状の検討を行った。

4.2　実験方法

4.2.1　模型

模型の縮尺は、測定の精度、模型の範囲、実験施設の規模、経済性を考慮して1/40とした。管路部・放流管部については内部の流況が観察できるようアクリル樹脂製とした。なお、2章に示した最終案の管路内径は11.3mであるが、実験に使用した管路部模型の内径は11.6m（実機換算値）となっている。これは、検討途中の寸法でアクリル模型を製作したためで、水理的な現象に大きな差異はないと判断して実験に用いた。放流能力に関しては、寸法の相違による検証を後に行う。

4.2.2　相似則

Froudeの相似則を用いた。(3.2.2を参照のこと)

4.2.3　計測方法

(1)流量

流量は給水管に設置されている電磁流量計のデジタルインジケータ表示値10個の平均値を用いる。また、放流部の左右各ゲートの放流能力測定時には、2個の三角堰を用いる。

(2)水位および壁面作用圧力

水位、壁面作用圧力は、模型に設置するマノメータ、ポイントゲージにより測定

(3)流況観察

管路内の流況を観察するためにトレーサーとして活性炭の粉末を用いた。スケッチ、ビデオ、カラー写真により流況を記録する。

4.3　実験結果

4.3.1　管路部

天ヶ瀬ダムにおいては、ダム下流の宇治川河道が景勝地となっているため、景観に配慮して合流部

をできるだけ上流に位置させることに留意した。そのため、延長180m強の直管部に続いて湾曲部が計画されており（図－4.1、4.2)、その湾曲の影響が懸念された。

しかし、管路部の流況については表－3.4に示した通りであり、安定した流れとなっている。また、作用圧力に関しては、図－4.3に示した圧力測定位置において、貯水位O.P.67.1m、とO.P.78.5mの２ケースについてゲート全開の条件で実験を行った。その結果（図－4.4、4.5)、湾曲部では、同一断面における左右岸のピエゾ水頭値に差があるが、この差（O.P.67.1mのとき0.48m、O.P.78.5mのとき0.62m：湾曲部の平均値を実機換算したもの）は湾曲部の流れを２次元ポテンシャル流と仮定して得られる圧力水頭差（O.P.67.1mのとき0.49m、O.P.78.5mのとき0.66m：実機換算）に近い値を示しており、湾曲による二次流の影響はほとんどないものと考えられる。なお、ポテンシャル流の圧力水頭差は次式によって求めた（ここでは、管路部の管径に比べて曲率半径が大きいので、断面平均流速が断面の中心において発生すると仮定している)。

$$AH = E_v R_o^2 \left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2} \right) \qquad (4\text{-}1)$$

ここで、AH ：圧力水頭差(m)

E_v ：断面平均流速による圧力水頭(m)

R_0 ：トンネル中央の曲率半径(m)

R_1 ：トンネル内側の曲率半径(m)

R_2 ：トンネル外側の曲率半径(m)

管路部については、流況、圧力ともに問題はなく、この形状を最終案とする。

4.3.2 放流管部

放流管形状については、はじめに、四面ベルマウス案である比較案Ｂ１（図－4.6～4.8、写真－4.1、4.2）について水理模型実験を行った。その結果、拡幅部において、拡幅部特有の渦の形成がみられ放流管入り口部での高速流への移行において、比較的強い螺旋流の形成が観察された。作用圧力については、図－4.9に示した測定位置において圧力測定を行い、結果を図－4.10、4.11に示した。これをみると、拡幅部から放流管への流入部で流下方向に圧力が大きく変化している。また、放流量が800㎥/sの場合には、ベルマウス終端付近に負圧が生じている。このように、管路から放流管への流れは、十分に整流されておらず、流況の乱れや負圧が生じているため形状の改良が必要と判断した。

そこで、管路から放流管への拡幅をなめらかな形状にするとともに、拡幅断面が小さくできる一面ベルマウス方式とした比較案Ｂ２（図－4.12、4.13、写真－4.3～4.5）について調査を行った。なお、比較案Ｂ２のベルマウス下流からゲートまでの距離が比較案Ｂ１よりやや長いのは、この間に予備ゲートが設置されることを考慮したものである。即ち、予備ゲートと戸溝部の流れを２次元的なものとして戸溝内及び下流流況を安定化させるため、戸溝をベルマウス曲線下流としたことによるもので、本案のベルマウスは比較案Ｂ１よりやや大きい。

放流管内部の流況に関しては、300㎥/s（貯水位：O.P.58.0m)、700㎥/s（貯水位：O.P.67.1m)、863㎥/s（貯水位：O.P.78.5m）の３流量について実験を行ったが、顕著な乱れはみられず、比較的スムーズに流下していることが確認された。また、作用圧力について図－4.14に示す圧力測定位置において、貯水位O.P.67.1mでゲート全開の条件と863㎥/s（貯水位：O.P.78.5m）の条件について測定

を行った結果、拡幅部から放流管の間の圧力変化が小さくなり、ベルマウス終端での負圧も生じなくなった（図－4.15、4.16)。以上のように、流況、圧力ともに問題はないので、放流管部については比較案B２を最終案とする。

なお、３章でも述べたように小流量流下時には拡幅部上部（ベルマウス始端付近）に空気溜まりができるため排気管を設ける必要がある

・予備ゲートのオフセットについて

主ゲート上流の予備ゲートについては、高速流が通過することになるので、その戸溝形状にオフセットを設ける必要がある。オフセットの形状の設計については、「ダム・堰施設技術基準（案）（同解説)、社団法人ダム・堰施設技術協会、p.263,264」を参照する。戸溝幅の0.075～0.1倍のオフセットを設けることが一般的であり、本予備ゲートにおいては、戸溝幅は、1.25mであるため、オフセット量としては、0.09375m～0.125mの範囲となる。ここでは、オフセット量として0.1mを採用する。また、オフセットからもとの水路壁に戻す戸溝下流側の勾配については、通過する流速によって求められる。本予備ゲートの場合、ゲート中心高さは5.548m、幅は3.6mであり、予備ゲート中心点において、計画放流量の700㎥/sが放流される場合17.5m/s、サーチャージ水位の主ゲート全開時の放流量である863 ㎥/sの場合21.6m/sの流速となる。これより、「ダム・堰施設技術基準（案）（同解説)、p.263」の図：戸溝下流側の勾配を参考にして、勾配の値として２５：１を採用する。最終的な戸溝の平面形状を図－4.17に示す。

4.3.3 放流能力

最終的な放流設備の放流能力を検討する場合には、流入部、管路部、放流管部、減勢工部の全ての形状が流れの形状損失や摩擦損失という形で関係しているため、全体の最終案形状が求められた後に検討を行う必要がある。しかし、実験行程および実験施設の都合により全ての最終案形状を再現した模型による放流能力の調査を行うことが困難であったため、今回の検討においては、以下の二つの模型を用いて放流能力の調査を行った。

模型Ａ

- 模型縮尺1/40。
- 流入部（図－3.33、3.34）と放流管部（図－4.12、4.13）の最終案形状を再現。
  ただし、管路内径は11.6m。
- 管路部の平面線形は最終案形状を再現し、その管路内径は11.6m（図－4.1、4.2)。
- ゲート下流のスロープ形状は放物線形状（最終案形状ではない)。
- ゲート開度毎の放流能力を調査。
- 二つの貯水位の条件（発電最低水位、サーチャージ水位）において、管路部のピエゾ水頭を測定。

模型Ｂ

- 模型縮尺1/40。
- 流入部（図－3.33、3.34）と放流管部（図－4.12、4.13）の最終案形状を再現。

ただし、管路内径は11.6m。

- 管路部は長さを短縮した（管路部延長40m）。そのため、ゲート敷き高と流入部底面敷き高の標高差は設計案より小さくなっている。また、管路内径は11.6mである。
- ゲート下流のスロープ形状は最終案形状を再現。
- ゲート開度毎の放流能力を調査。貯水位は、ゲート敷き高を基準にして測定した。

管路部の全長を再現した模型Aを用いた実験結果により、開水路流時の放流能力および管路流と開水路流の中間領域の範囲を把握し、また、管路流時の放流能力を推定するために、放流管部より上流における摩擦損失および摩擦以外によるエネルギー損失の算定を行う。この結果を用いて模型Bによる実験結果を補正し、最終的な管路流時放流能力を推定する。この補正における考え方は、放流管部上流端の点（整流部の中間点とし、以下「中間基準点」とする）における全水頭に関する放流能力を求め、これに、それより上流の摩擦損失とそれ以外の損失を加えて補正することによって、貯水池地点の全水頭（即ち貯水位）についての放流能力を求めるというものである。摩擦損失とそれ以外の損失を計算する際には、摩擦損失係数およびそれ以外の損失の損失係数が放流量によらず一定であると仮定した。

また、天ヶ瀬ダム放流設備の場合、管路部の延長が非常に長いため、模型材料の粗度と実機の粗度の関係、実機における管路内壁の劣化によって粗度が増大した場合の影響についても考察を行った。

(1) 中間領域

模型Aを用いた実験の流況観察によって、管径に匹敵するスケールを持つ大きな気泡が管路内に入り管路部全体の流れが満管流れではない状態が確認された。これを中間領域として、その範囲を表－4.1に示した。中間領域においては、大きな気泡がゲートを通過するなどして流況が不安定となるため、運用時には、この領域での長時間放流は避けるべきである。この領域以下の貯水位においては、開水路状態となっている。

表－4.1　2条放流時の中間領域

ゲート開き(m)	領域の幅（O.P.m）
4.8	58.092～53.768
4.0	56.612～52.236
3.2	56.092～51.400
2.4	55.824～50.584
1.6	55.612～49.852
0.8	55.440～48.928

(2) 粗度係数、エネルギー損失係数の推定

模型Bによる実験結果を補正するために、放流管部より上流のエネルギー損失を模型Aによる実験結果から推定する。エネルギー損失は、摩擦損失とそれ以外の損失（流入損失、形状損失、管路の曲がりによる損失等）から成り、それぞれ以下の式で求める。

摩擦損失　　：$h_{Lf}=f\frac{L}{D_c}\frac{v_c^2}{2g}=\frac{2gn^2L}{R_c^{4/3}}\frac{v_c^2}{2g}$　　(4-2)

それ以外の損失：$h_{LO}=K\frac{v_c^2}{2g}$　　(4-3)

ここに、h_{Lf}：摩擦損失水頭(m)

f：摩擦損失係数

L：管路長(m)

D_c：管路直径(m)

v_c：管路内流速(m/sec)

g：重力加速度（9.8m/s²）

n：Manningの粗度係数

R_c：管路断面の径深(m)

h_{Lo}：摩擦以外の損失水頭(m)

K：摩擦以外の損失係数

模型Aの実験時の粗度係数は、管路部の直線区間において測定したピエゾ水頭勾配より求める。Manningの公式より

$$v_c=\frac{1}{n}R_c^{2/3}I_e^{1/2}=\frac{1}{n}R_c^{2/3}I_p^{1/2}\qquad(4\text{-}4)$$

ここに、I_e：エネルギー勾配

I_p：ピエゾ水頭勾配

（断面変化のない直線管路の場合、速度水頭は変化しないので：$I_e=I_p$）

式を変形して、

$$\therefore n=I_p^{1/2}\frac{R_c^{2/3}}{v_p}=I_p^{1/2}\frac{R_c^{2/3}A_c}{Q}\qquad(4\text{-}5)$$

ここに、A_c：管路部断面積（㎡）

Q：放流量（㎥/s）

式（4-5）に、実験結果を代入すると、以下のようにnが求まる。なお、管路部直線区間のピエゾ水頭勾配の値については、模型実験における管路直線部の上面の測定値と下面の測定値の平均値に関して直線近似を行い、その勾配より求めた。（相関係数は発電最低水位時で0.996、サーチャージ水位時で0.997であった）

a)発電最低水位時

$$n=0.00405^{1/2}\times\frac{2.9^{2/3}\times105.68}{745.871}=0.01834\qquad(4\text{-}6)$$

b)サーチャージ水位時

$$n=0.00567^{1/2}\times\frac{2.9^{2/3}\times105.68}{863}=0.01875\qquad(4\text{-}7)$$

これらの値は、コンクリート暗渠の粗度係数の範囲（0.010～0.020）に入っているので、実験結果における粗度の値を実機のコンクリート暗渠における粗度の値と見なすことが出来ると考えられる。

次に、摩擦以外の損失係数を求める。貯水池内水面と中間基準点に対して、ベルヌーイの式を適用すると以下のようになる。

$$H_r = \frac{v_c^2}{2g} + \frac{p}{pg} + z + h_{Lo} + h_{Lf} = \frac{v_c^2}{2g} + \frac{p}{pg} + z + K\frac{v_c^2}{2g} + \frac{2gn^2L}{R_c^{4/3}}\frac{v_c^2}{2g} \quad (4\text{-}8)$$

ここに、H_r ：貯水池水位（O.P.m）

P ：貯水池基準点の圧力（$g/m/s^2$）

z ：中間基準点標高（O.P.m）

式を変形すると、

$$K = \left(H_r - \frac{p}{pg} - z\right)\frac{2g}{v_c^2} - 1 - \frac{2gn^2L}{R_c^{4/3}} \quad (4\text{-}9)$$

式(4-9)に式(4-6)、(4-7)で求めた粗度係数および実験結果を代入する。

a)発電最低水位時

$$K = (67.1-62.74)\frac{2\times9.8}{7.058^2} - 1 - \frac{2\times9.8\times0.01834^2\times329}{2.9^{4/3}} = 0.1910 \quad (4\text{-}10)$$

b)サーチャージ水位時

$$K = (78.5-72.56)\frac{2\times9.8}{8.166^2} - 1 - \frac{2\times9.8\times0.01875^2\times329}{2.9^{4/3}} = 0.1977 \quad (4\text{-}11)$$

以上により、放流能力の推定を行うために必要な管路部の粗度係数および摩擦以外の損失係数については、発電最低水位時とサーチャージ水位時の値を平均して、以下の値を採用する。

$n = 0.0185$

$K = 0.194$

(3) 放流能力の推定

①開水路流時

開水路流時の放流能力については、模型Aによる実験結果を用いる。開水路時の流量係数と作用水頭とゲート開度の比の関係を図－4.18に示す。この結果より次の放流量の推定式が得られる。

$$Q = CA\sqrt{2gH} \quad (4\text{-}12)$$

$$C = -1.957 + 0.566(H/D) \quad (4\text{-}13)$$

ここに、C ：流量係数

D ：ゲート高さ（4.8m）

A ：ゲート断面積（ゲート幅3.6m×ゲート高さ4.8m×2条：34.56m²）

H ：作用水頭（m）（貯水池水位－ゲート戸当たり標高（O.P.33.0m））

②管路流時

(2)で求めた粗度係数と摩擦以外の損失係数を用いて、模型Bによる実験結果を補正することにより、管路流時の放流能力を求める。補正する際には、まず始めに、模型Bの実験結果について、貯水池地点と中間基準点においてベルヌーイの式（式(4-8)参照）を立て、中間基準点における全水頭と放流量の関係を求める。次に、最終案の管路長（43m→329m：ただし、流入部終端から中間基準点までの長さ）と管径（11.6m→11.3m）の値を用いて、中間基準点と貯水池地点においてベルヌーイの式を立て、最終案形状の貯水位と放流量の関係を得る。

以上の計算を行い求めたゲート全開および部分開度における貯水位と放流量を付表－4.26、4.27に示す。このデータを用いて放流能力の推定式を求める。

管路流時の放流能力は以下の式で求めることができる。

$$Q = CA\sqrt{2gH} \tag{4-14}$$

$$C = \sqrt{a\frac{D}{H}+b} \tag{4-15}$$

ここに、a ：実験結果より求める定数

b ：実験結果より求める定数

図－4.19に D/H ：ゲート高と作用水頭の比と C ：流量係数の関係について実験結果を示した。C の平方と D/H の関係は各ゲート開き毎に線形の関係がある。次に定数 a と b について G/D ：ゲート開度（G ：ゲート開き（m））との関係を図－4.20に示した。これより、a と b について、それぞれ G/D に関する以下の関係式が求められる。

$$a = -0.2613(G/D)+2.7355(G/D)^2-9.4069(G/D)^3+12.331(G/D)^4-6.1595(G/D)^5 \tag{4-16}$$

$$b = 0.21526(G/D)-1.6406(G/D)^2+7.4091(G/D)^3-10.758(G/D)^4+5.5756(G/D)^5 \tag{4-17}$$

式(4-14)、(4-15)、(4-16)、(4-17)を用いて計算した結果を図－4.21、図－4.22に示す。各図には推定式による曲線を実線で、実験値をマーカーで示しているが、推定式は実験結果をよく近似している。

(4) 放流能力の検討

実験の結果得られた放流量推定式による流量と計画放流量の関係を求め、比較した結果を表－4.2に示す。これをみると、最低水位、流入ピーク時水位、発電最低水位のいずれにおいても流下能力に余裕があり、所定の放流能力を満足している。参考までに、サーチャージ水位時（O.P.78.5m）にゲート全開とした場合は、876.375㎥/sの放流能力がある。

表－4.2 放流量の実験値と計画値の比較

貯水池水位（O.P.m）		放流量（㎥/s）		計画値を放流するためのゲート開き	計画値を放流するためのゲート開度
		計画値	実験式による値（全開時）	(m)	(%)
発電最低水位	67.1	700	744.426	4.677	97.4
流入ピーク時水位	64.7	457	713.545	3.749	78.1
最低水位	58.0	300	619.238	2.797	58.3

(5) 粗度変化の検討

天ヶ瀬ダムのトンネル式放流設備は、円形管路の全長が332mと長いため、管路内壁が年月を経るにしたがって劣化し、粗度が増加することによって放流能力に影響を与える可能性がある。そこで、トンネル内壁の粗度が変化した場合の放流能力を水理計算によって算出し、設計条件を満たしている

かどうかを検討する。

放流設備建設当初の管路内壁面が滑らかな場合のManningの粗度係数の値として0.01を採用し、長期使用後の管路内壁面が粗くなった場合の値として0.025を採用する。Manningの粗度係数の値を変化させた場合の貯水位と放流量の関係を図－4.23に示す。これをみると、管路内壁面が粗い場合においても、設計条件を満足している。全開時において粗度の変化による放流量の変化が最も大きいが、サーチャージ水位においても、変化の幅は、約33㎥/sであり、4%弱の差であるので、特に問題はないと思われる（表－4.3参照)。

表－4.3　粗度の変化による放流量の変化

Manningの粗度係数	ゲート全開時、サーチャージ水位時の放流量（㎥/s)
0.0100	860.244
0.0185	877.241
0.0250	892.897

注）放流量は直近の二つのデータから線形近似により求めた。

(6) 水位と流量と流況（空気混入）の関係

流入部の検討において、可能な限り貯水池の流況を安定させ、空気混入量が少なくなるような形状を検討し最終案を求めたが、全ての貯水位とゲート開度の条件について空気混入を防ぐことは困難であり、ある程度は許容せざるを得ない。実際に放流設備を運用するにあたっては、好ましくない流況となる条件での使用は避けるべきである。そこで、そのような操作を行うための目安となる資料を得るために、実験データを用いて水位と流量と流況の関係を整理した。実験結果を図－4.24に示す。ここで、実験結果の流況を以下に示す３つのパターンに分類しているが、これは、流況の観察によって判断されたものである。

①流入部に渦の発生はなく安定した流れであり、管路部への空気の混入もみられない。
②流入部に1～2cm（模型スケール）程度の小さな渦が２ヶ所程発生し、管路部に5～10秒周期で1～2mm（模型スケール）程度の気泡が10～20ヶ連行される。
③流入部に1～2cm（模型スケール）程度の小さな渦が２ヶ所程発生し、管路部に常時1～10mm（模型スケール）の気泡が連行される。

気泡の大きさ等は、空気の関係している現象であり、フルードの相似則によって単純に実機に換算することは出来ないが、②の流況は気泡も小さく連続的に混入するものではないので、これを許容できる流況と判断する。③については、連続的に比較的大きな気泡を混入するため、好ましくない流況と考える。

これらの流況をゲート開きと貯水位について整理した結果を図－4.25に示す。前述の中間領域以外にも③の流況を呈する条件での使用は避けるのが望ましく、この図を参照に運用時には留意する必要がある。

4.4 まとめ

以上、管路部・放流管部について調査を行った結果を以下にまとめる。

(1)水理模型実験により求められた管路部・放流管部の最終案形状を図－2.1、2.2、2.5、2.6に示す。

(2)管路部については、湾曲による影響は小さく、流況は安定している。

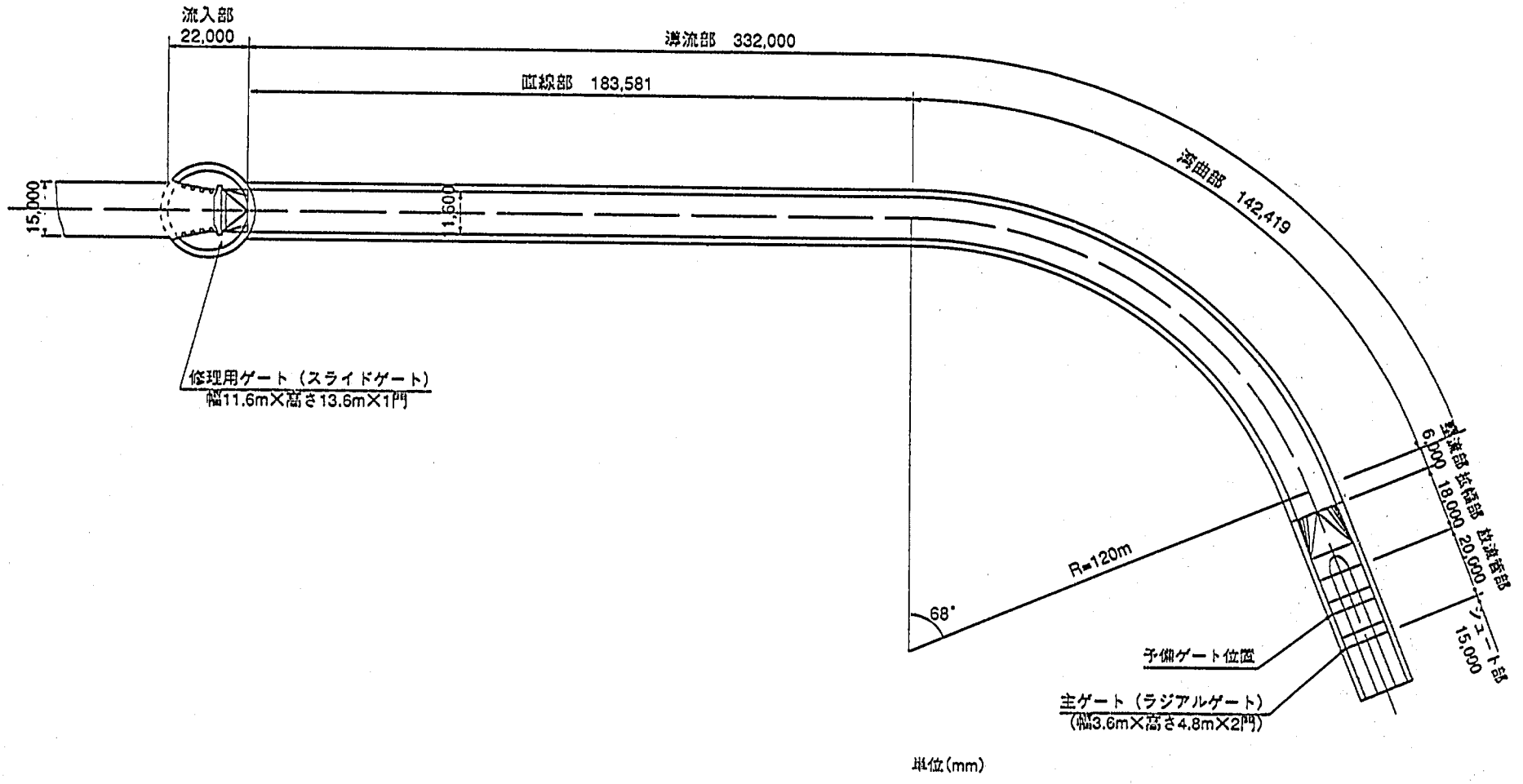
(3)放流管部については、形状を改良することによって流況は改善され、安定した流況が得られた。なお、最終案形状においても、拡幅部上部ベルマウス始端付近に空気が溜まる場合があるため、空気を排気する排気管を設ける必要がある。

(4)管路部・放流管部の最終案形状に作用する圧力に関しては、負圧は発生しておらず問題はない。

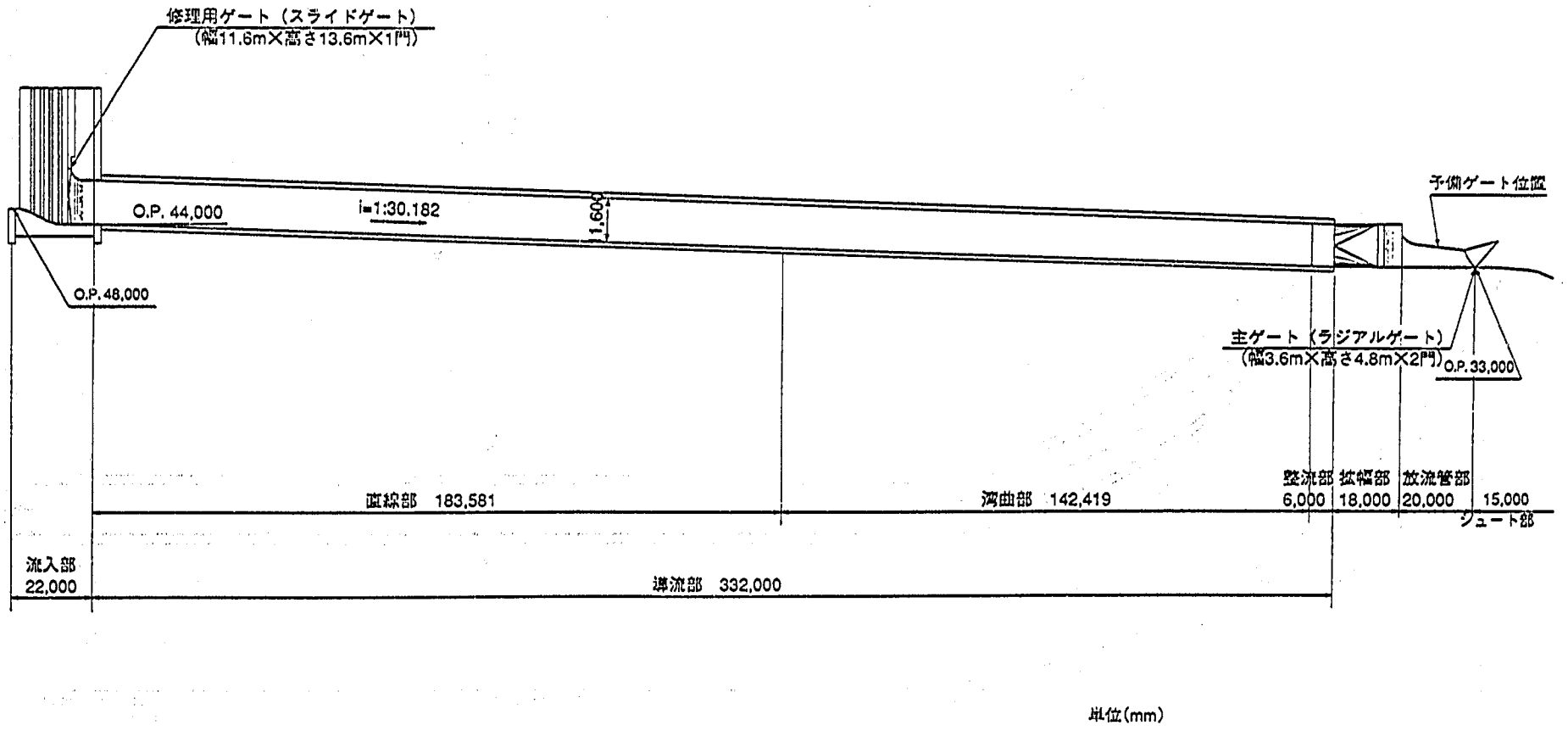
(5)放流能力については、最終案形状は所定の流量を放流する能力を有している。

(6)管路部内壁の劣化による粗度の変化について検討した結果、粗度が変化することによって最大で４％程度の放流量の変化が算定されたが、所定の放流能力は確保されており特に問題はないと思われる。

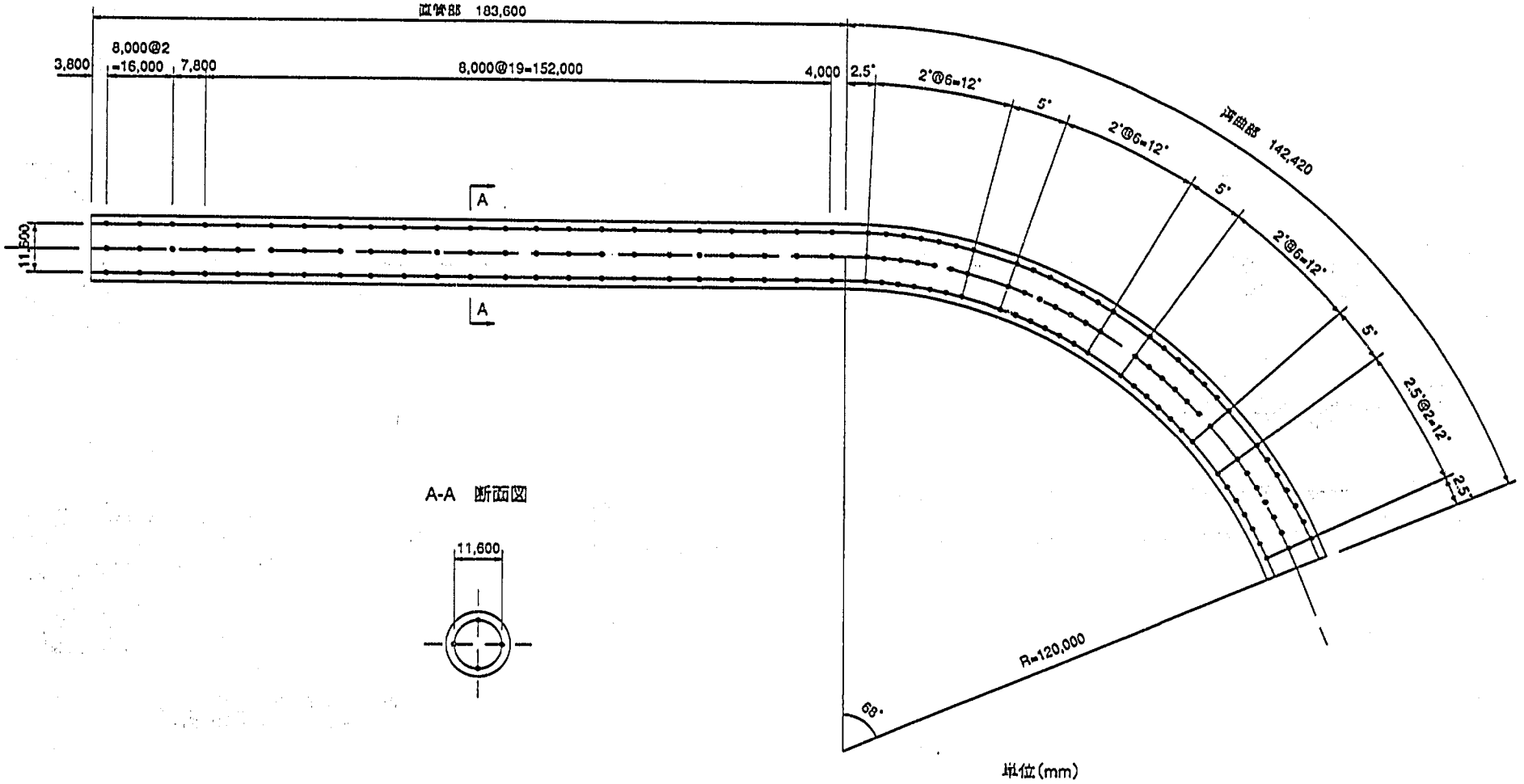
(7)水位と、ゲート開度の条件によっては放流設備への空気の混入が避けられない場合があり、運用時には、図－4.25を参照にして空気の混入状況に留意する必要がある。


流入部
22,000
導流部 332,000
直線部 183,581
湾曲部 142,419
15,000
11,600
修理用ゲート（スライドゲート）
幅11.6m×高さ13.6m×1門
R=120m
68°
放流部 拡幅部 放流部
6,000 18,000 20,000
ジェット部
15,000
予備ゲート位置
主ゲート（ラジアルゲート）
（幅3.6m×高さ4.8m×2門）
単位(mm)

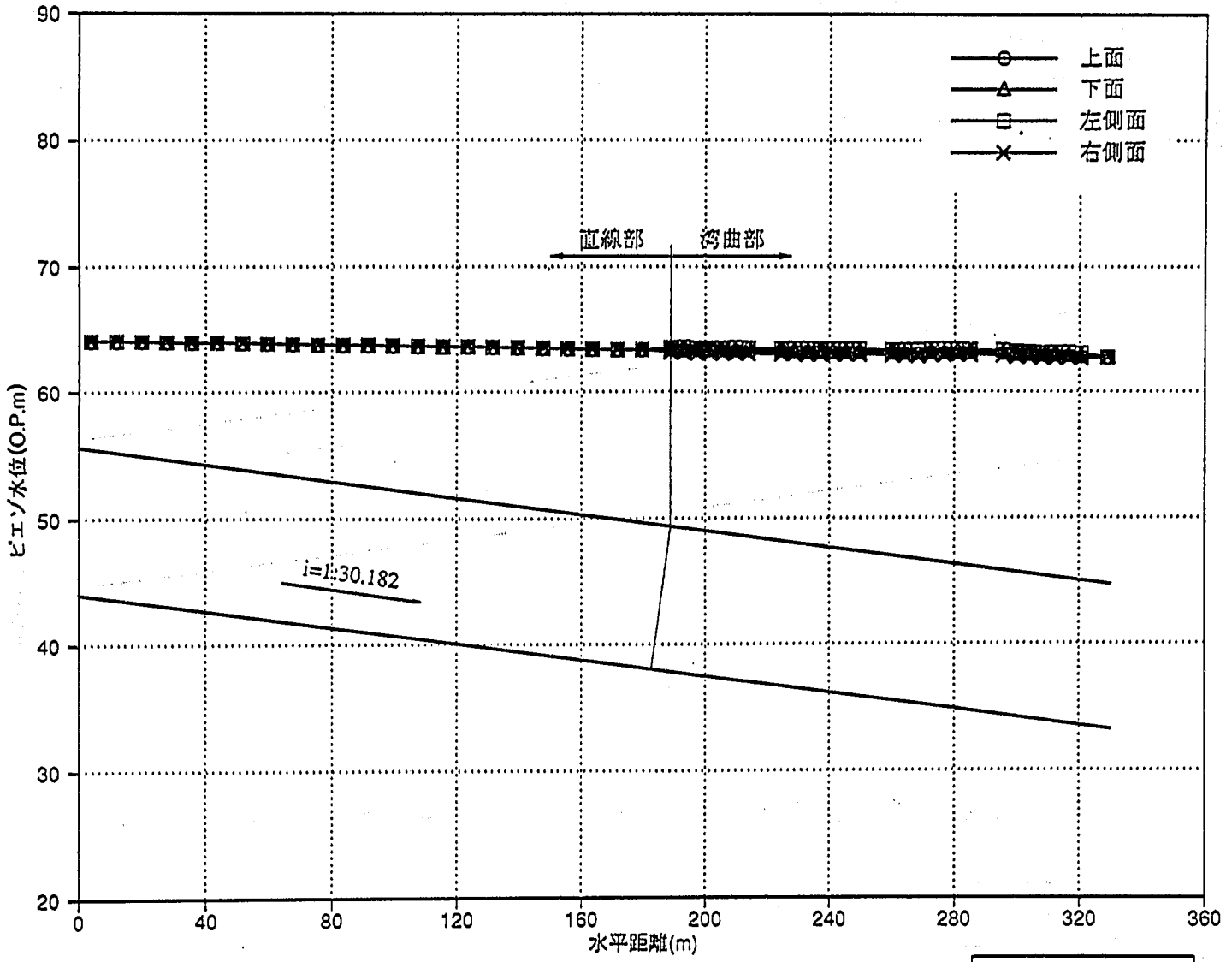
図－4.1　管路部（平面図）


修理用ゲート（スライドゲート）
（幅11.6m×高さ13.6m×1門）
O.P. 44,000
i=1:30.182
1,600
予備ゲート位置
O.P. 48,000
主ゲート（ラジアルゲート）
（幅3.6m×高さ4.8m×2門）
O.P. 33,000
整流部 6,000
拡幅部 18,000
放流管部 20,000
15,000
シュート部
直線部 183,581
湾曲部 142,419
流入部 22,000
導流部 332,000
単位(mm)

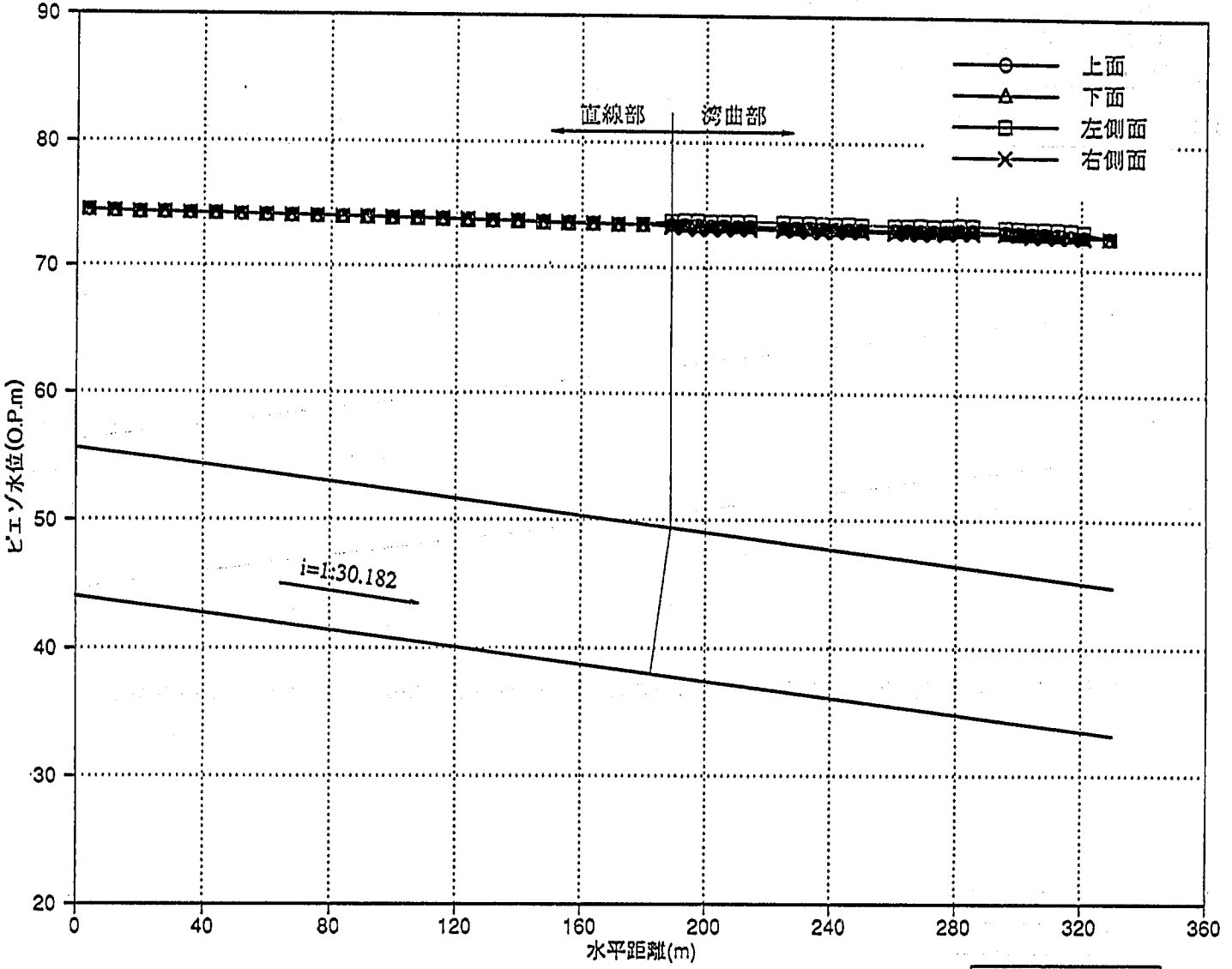
図－4.2　管路部（縦断図）



図－4.3 管路部圧力測定位置

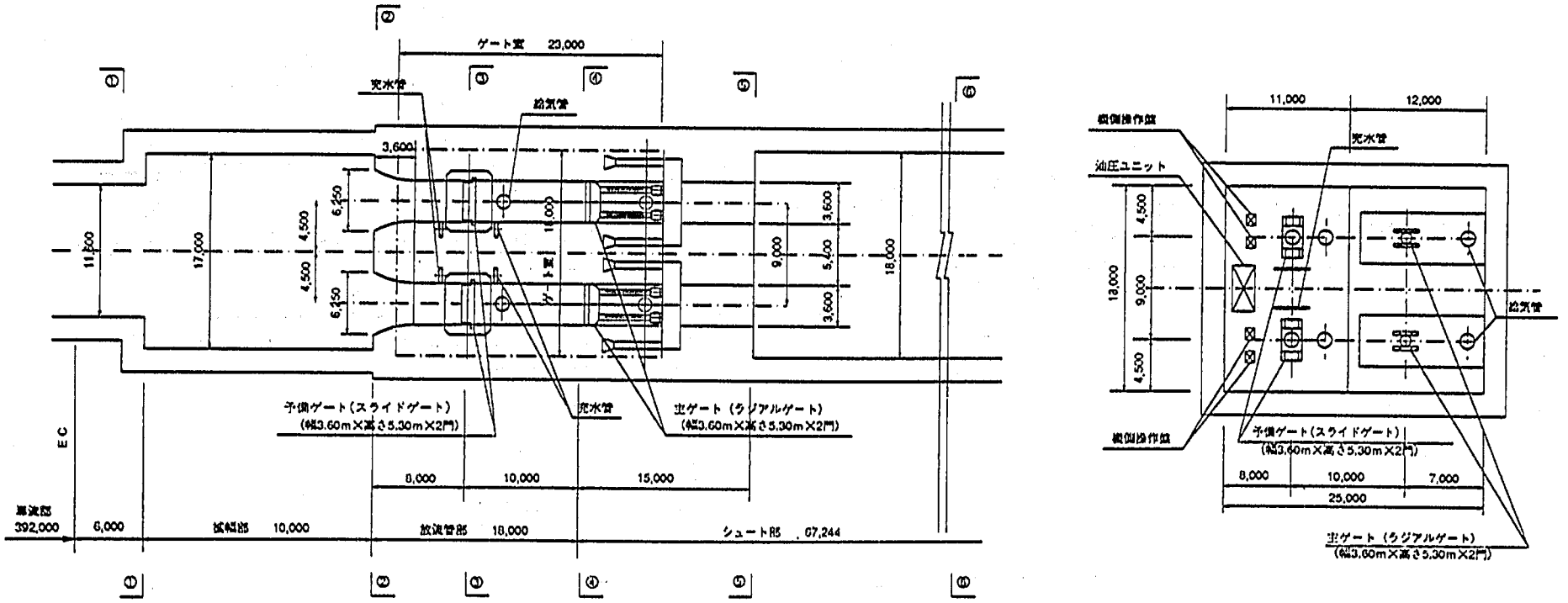


図－4.4　管路部作用圧力分布（H＝O.P.67.1m，Q＝745.871㎥/s）



図－4.5　管路部作用圧力分布（H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）

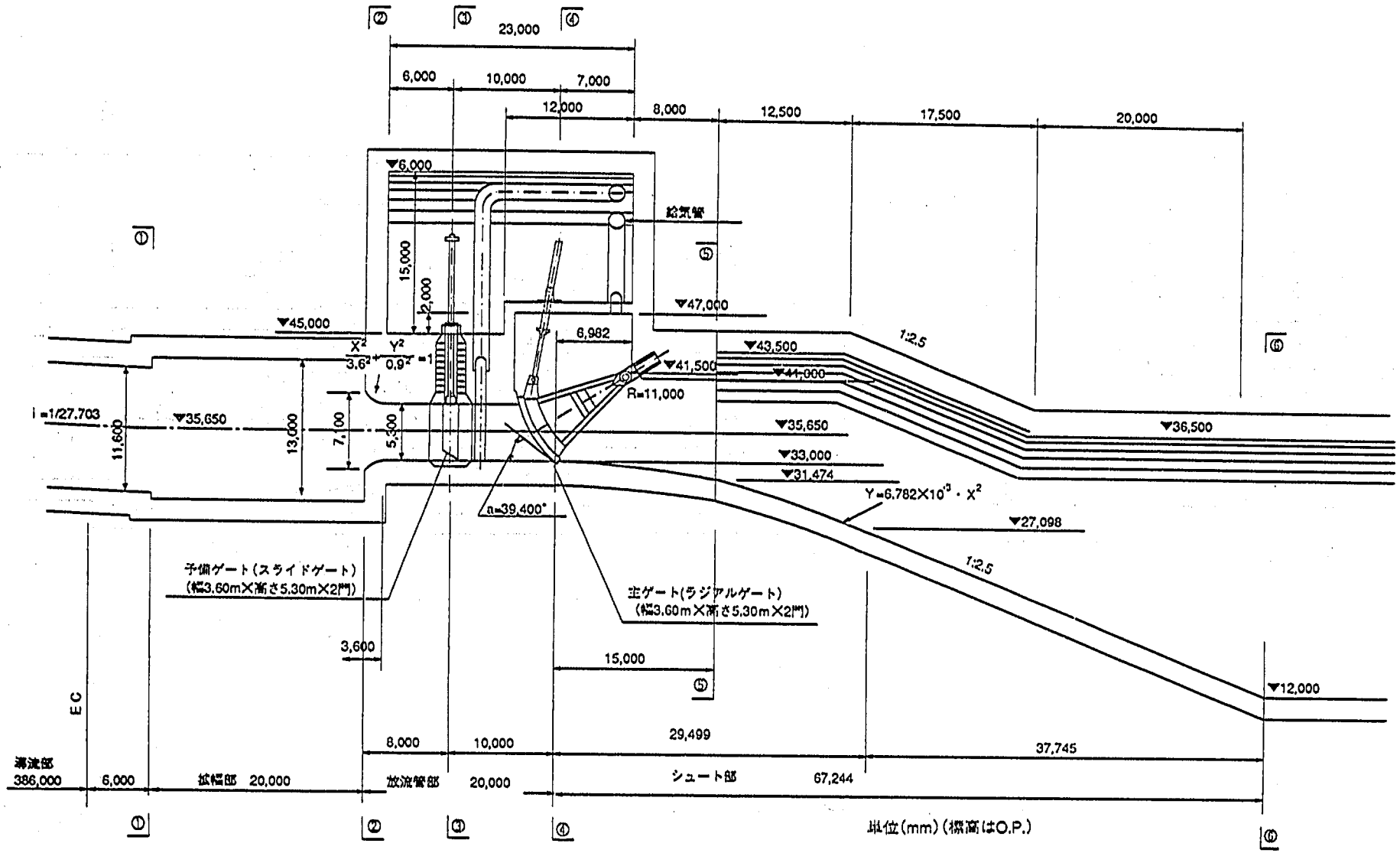
ゲート部平面図　　S=1/500



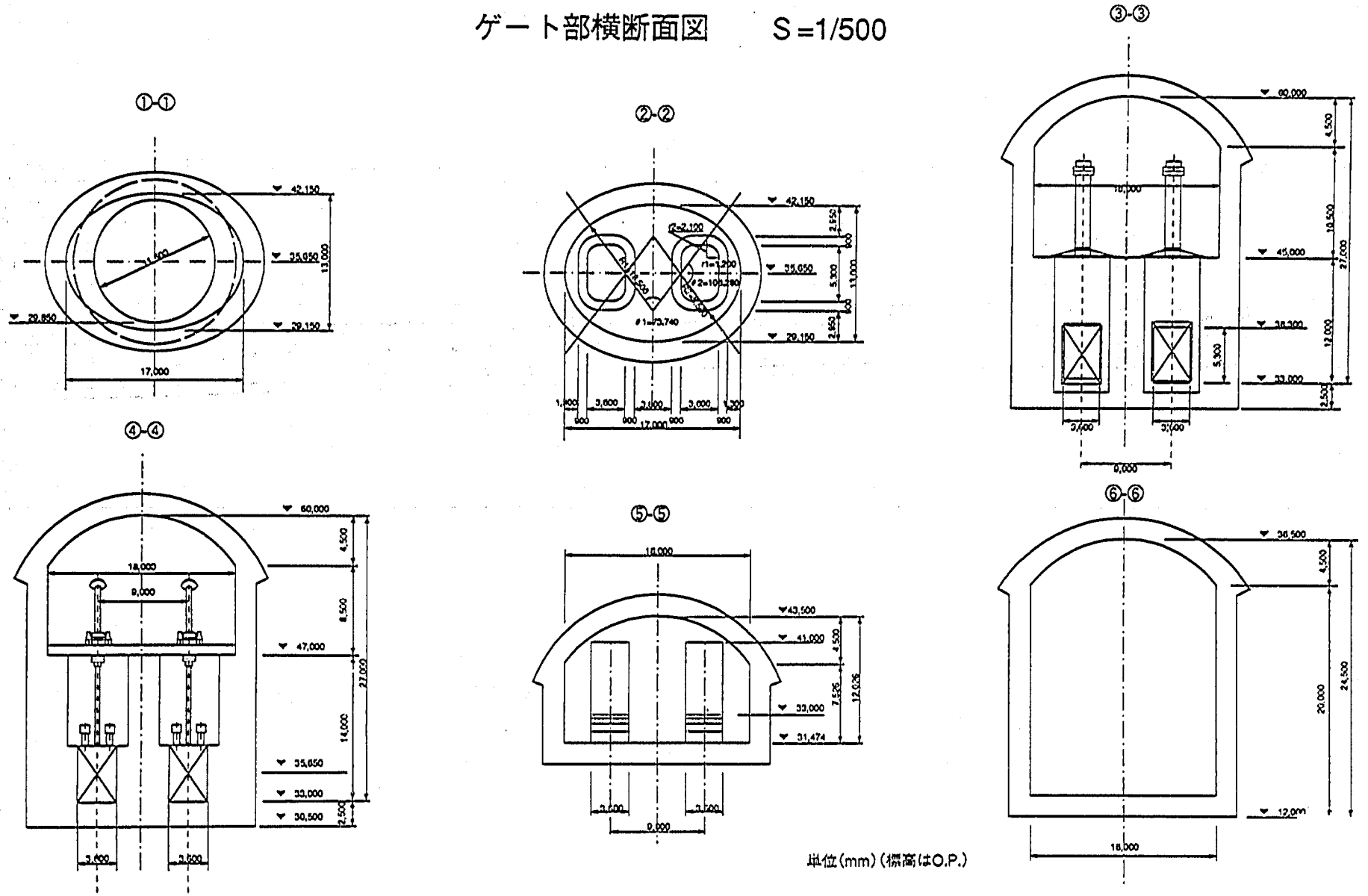
単位(mm)

図－4.6　放流管部（比較案Ｂ１，平面図）

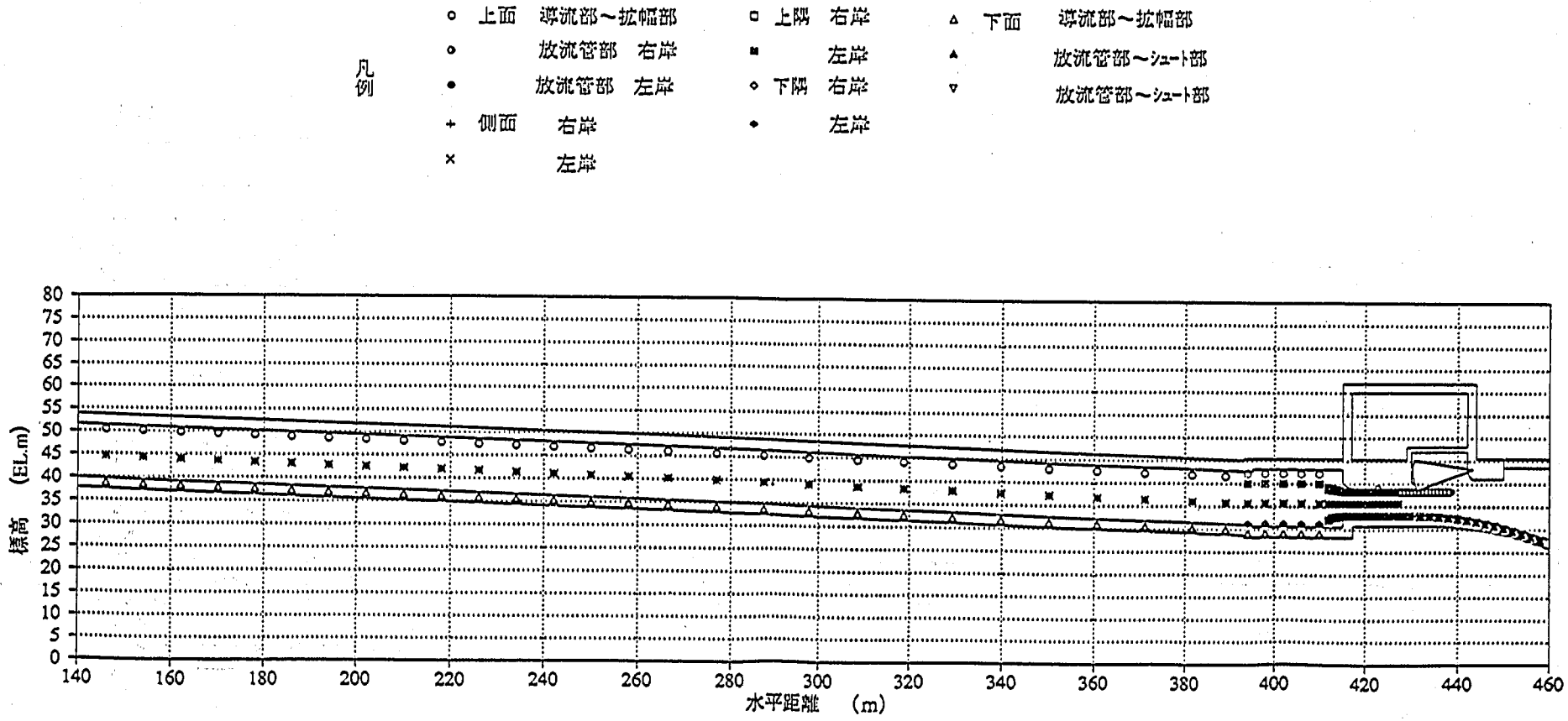
ゲート部縦断面図　S=1/500



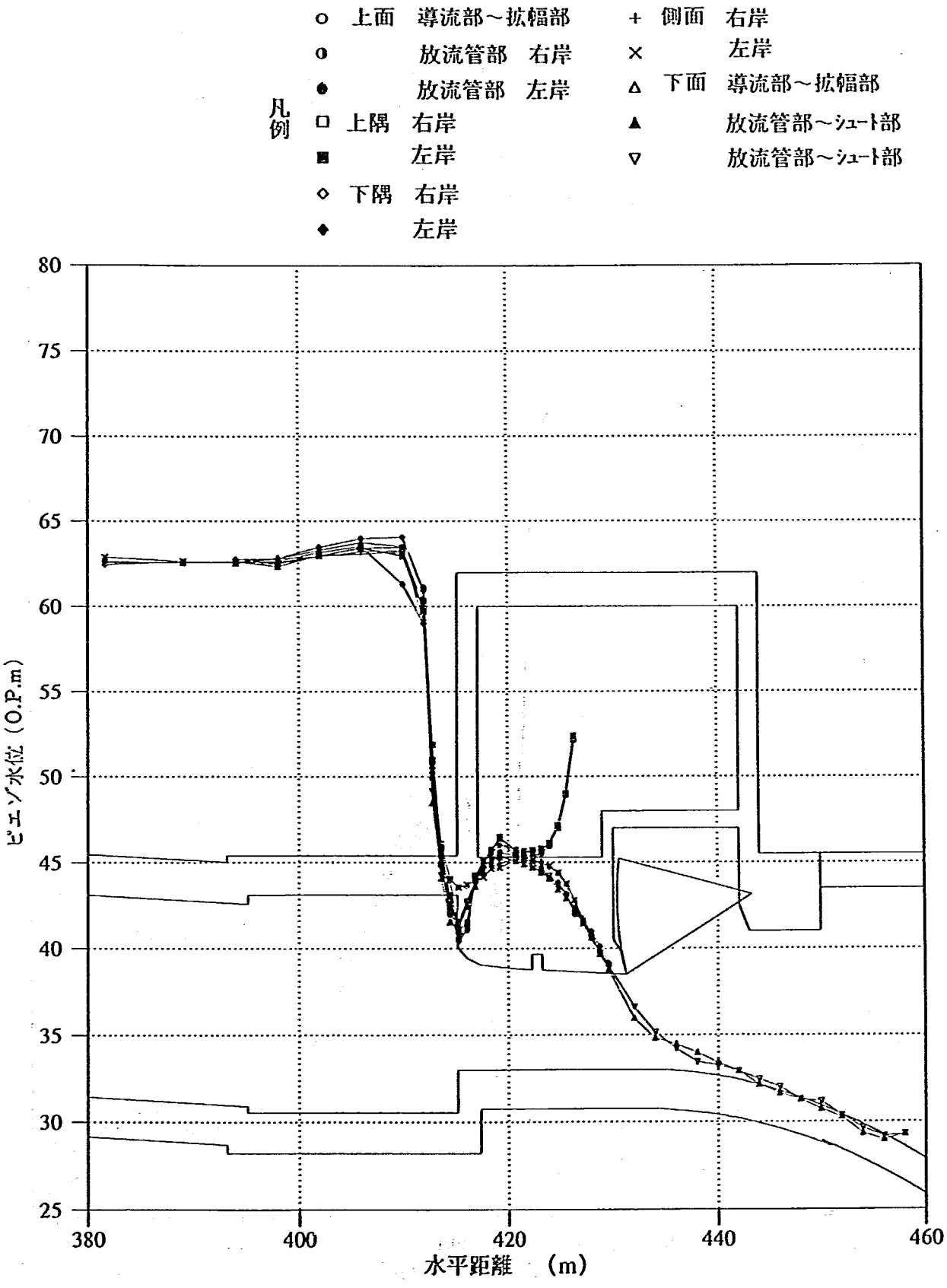
図－4.7　放流管部（比較案Ｂ１，縦断図）



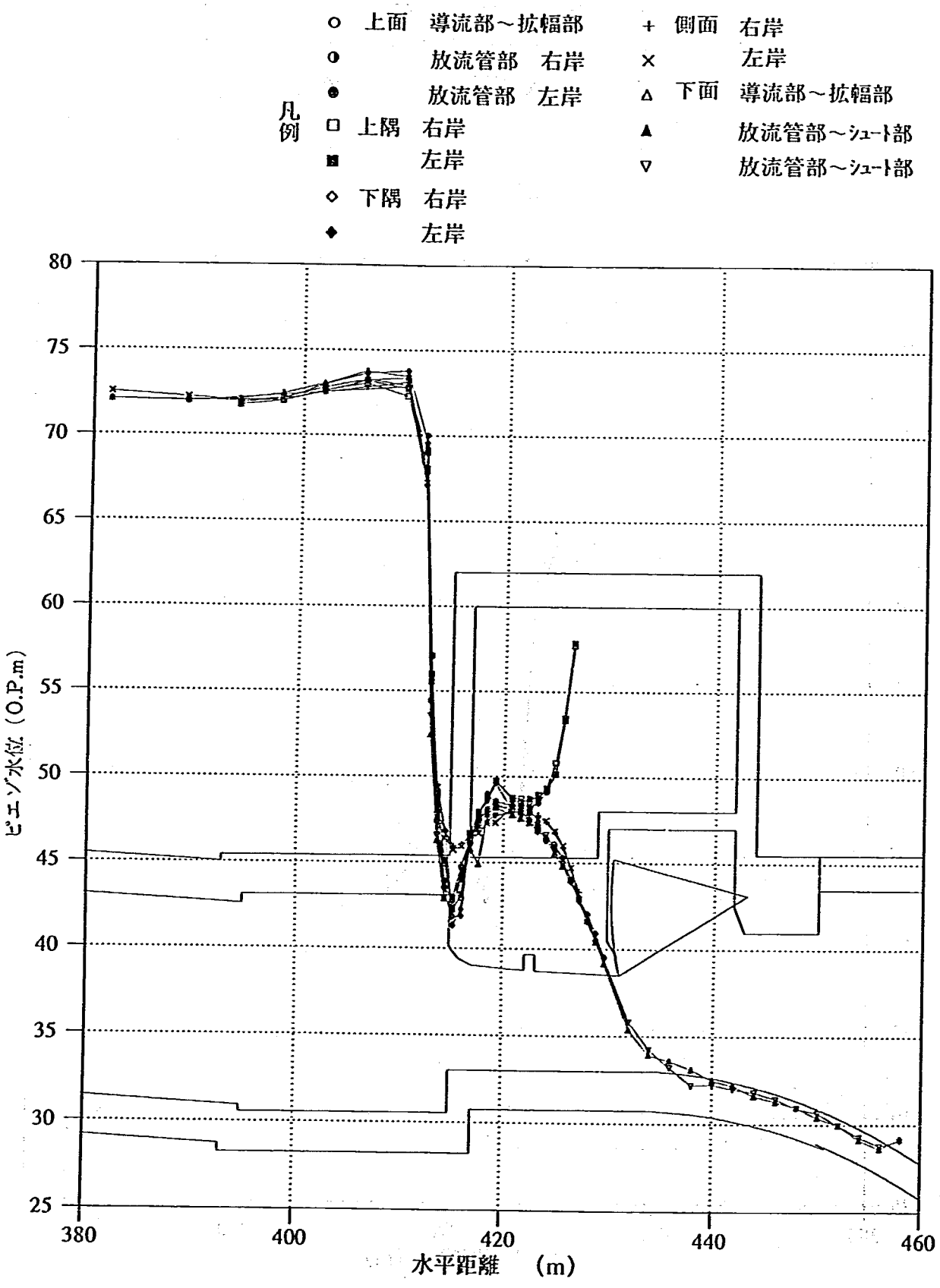
図－4.8　放流管部（比較案Ｂ１，断面図）



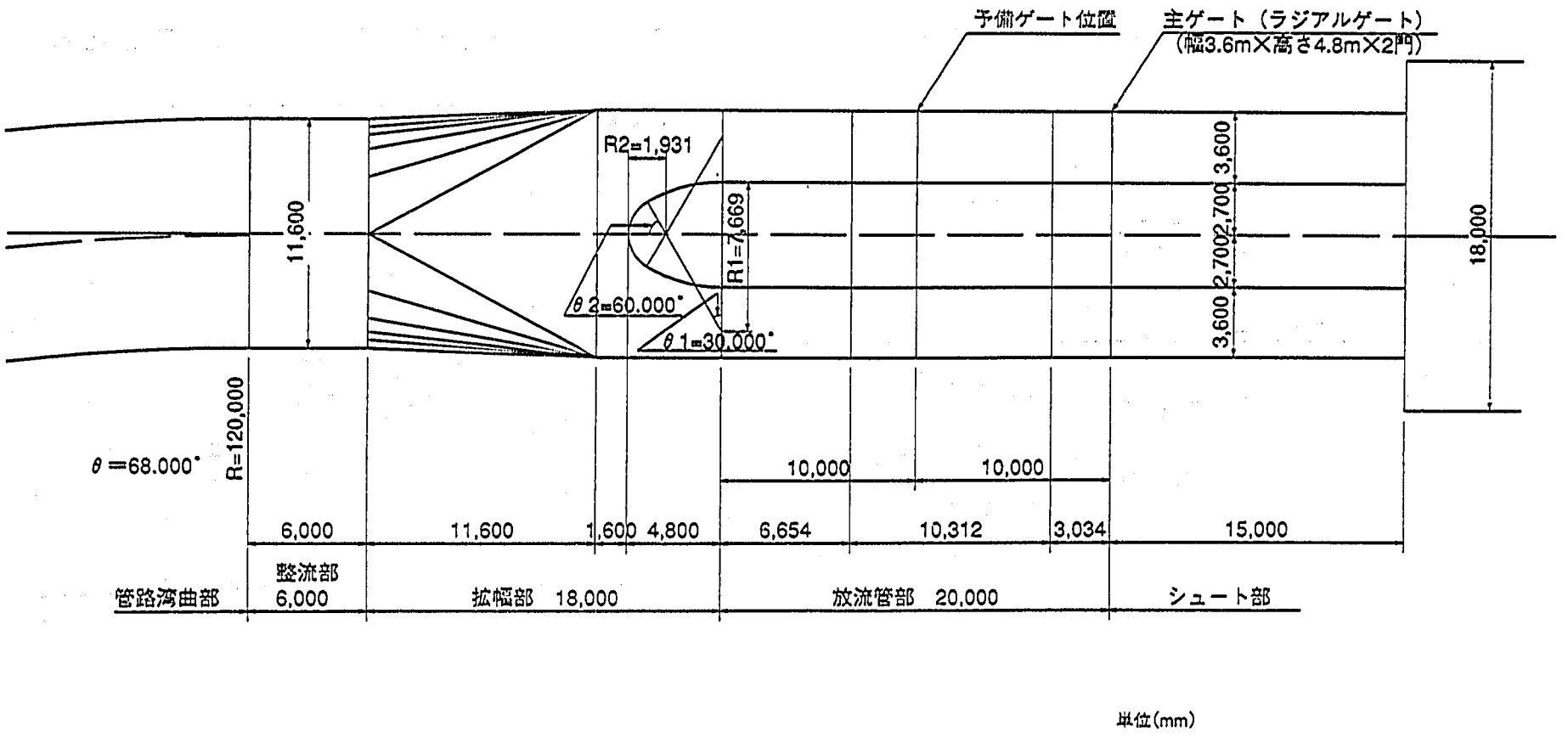
図－4.9 放流管部圧力測定位置（比較案Ｂ１）



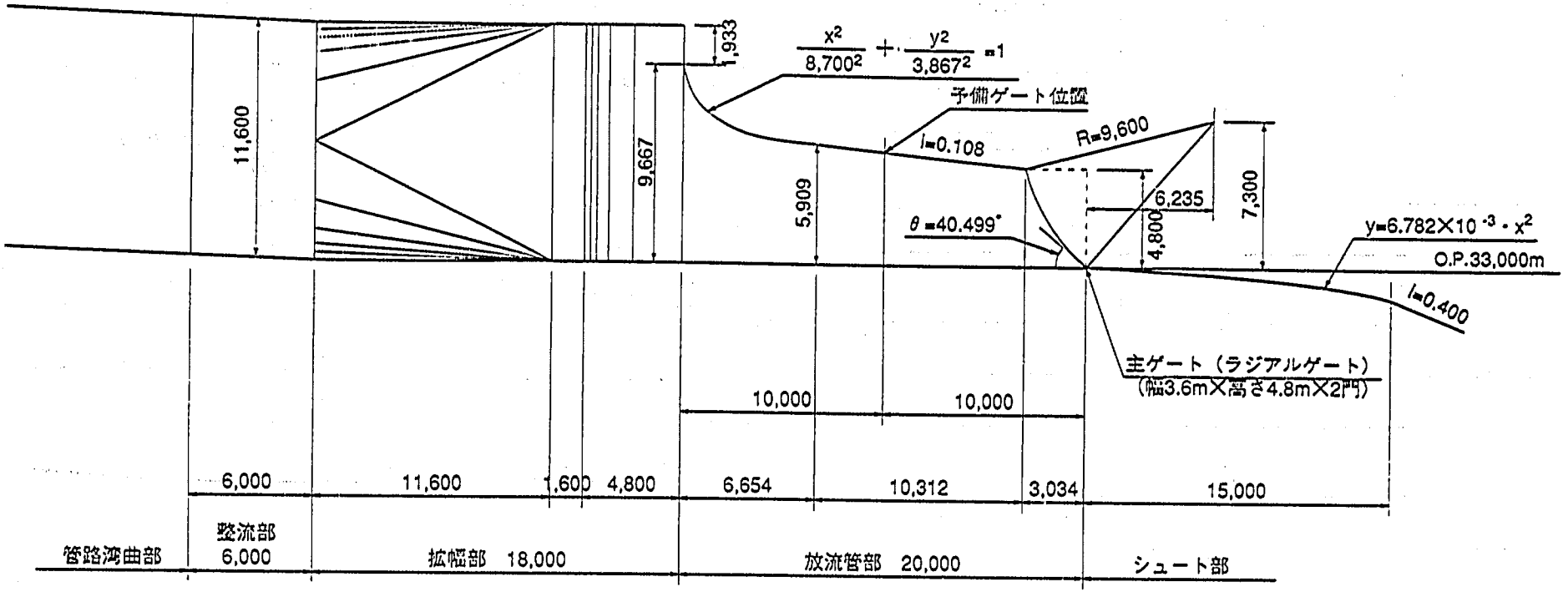
図－4.10 放流管部圧力分布図（比較案B１，Q＝700㎥/s）



図－4.11 放流管部圧力分布図（比較案B１，Q＝800㎥/s）

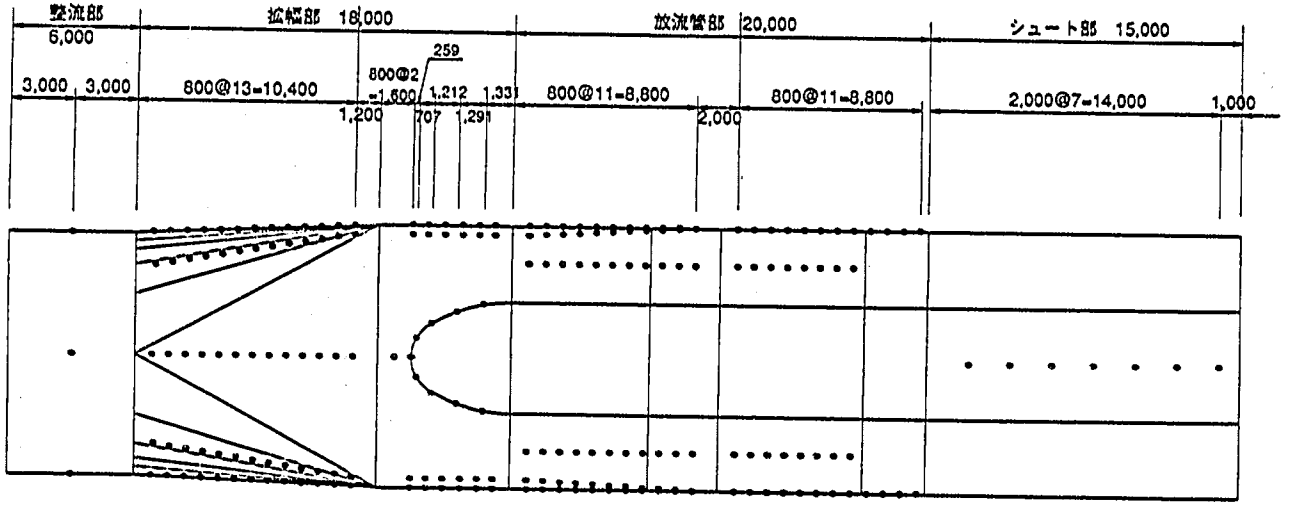


図－4.12 放流管部（比較案B２，平面図）

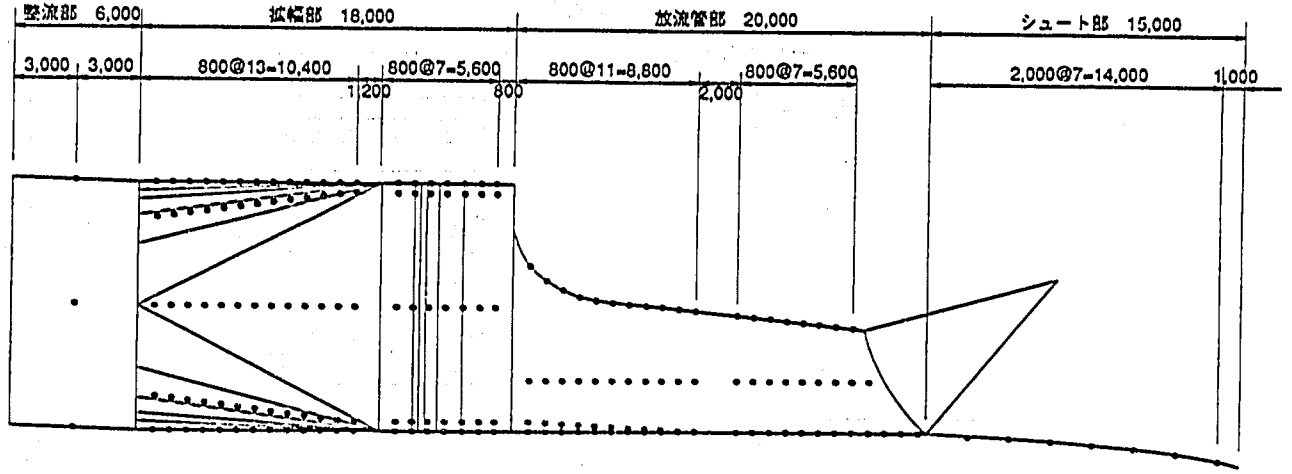


図－4.13 放流管部（比較案Ｂ２，縦断図）

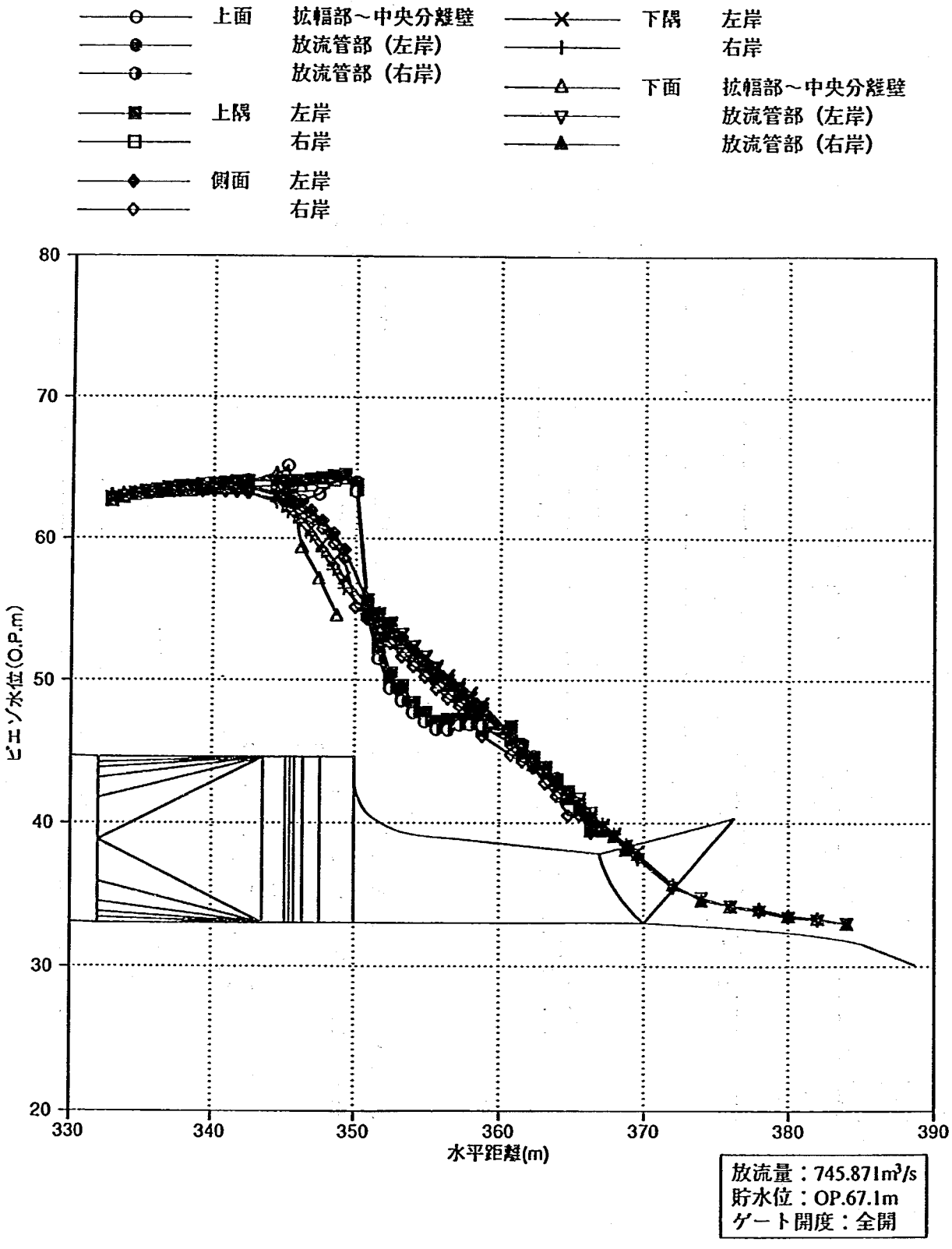
平面図



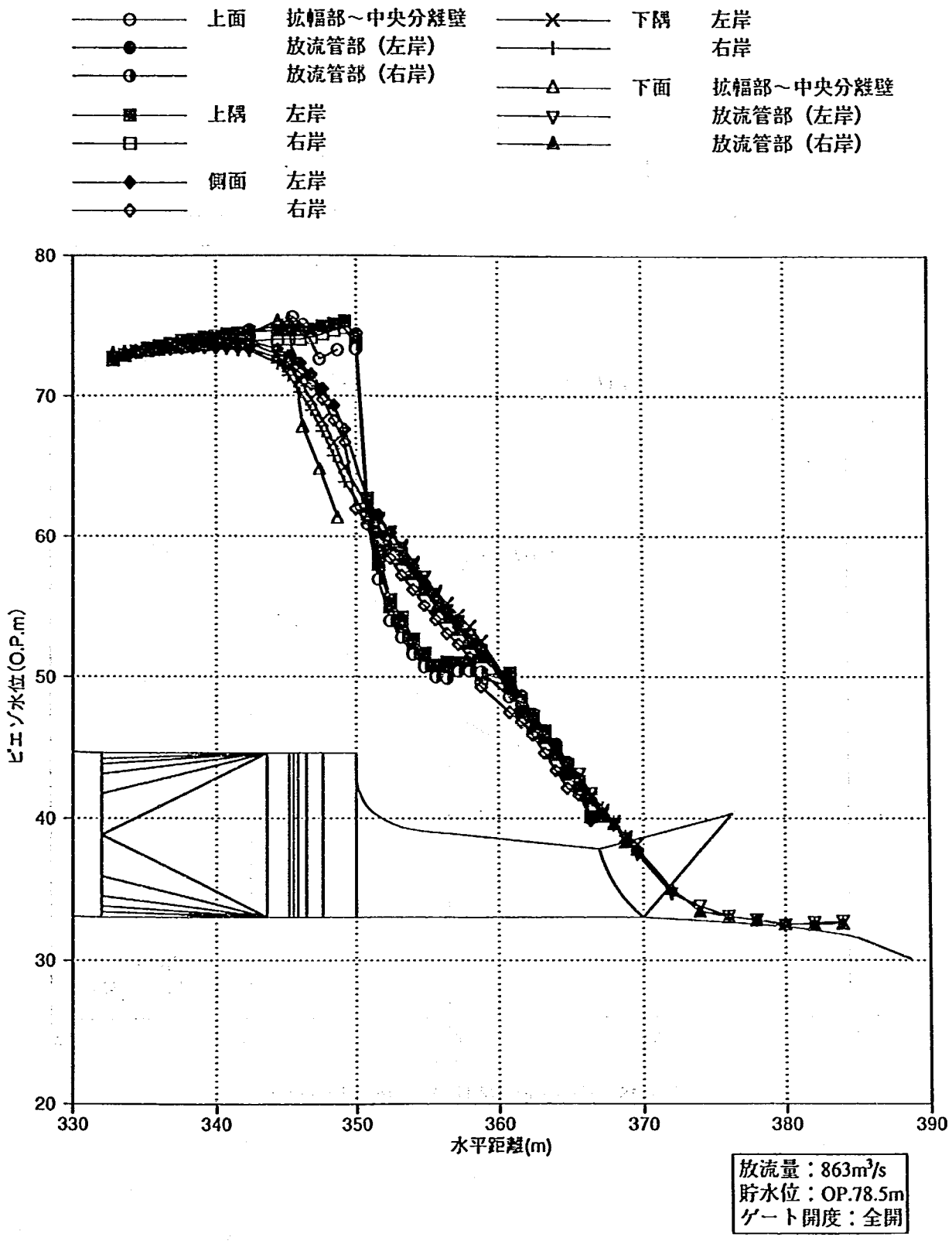
縦断図



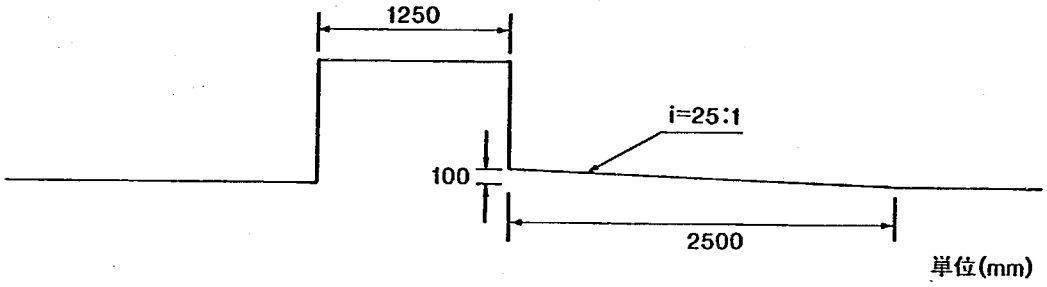
図－4.14　放流管部圧力測定位置（比較案Ｂ２）　　単位(mm)



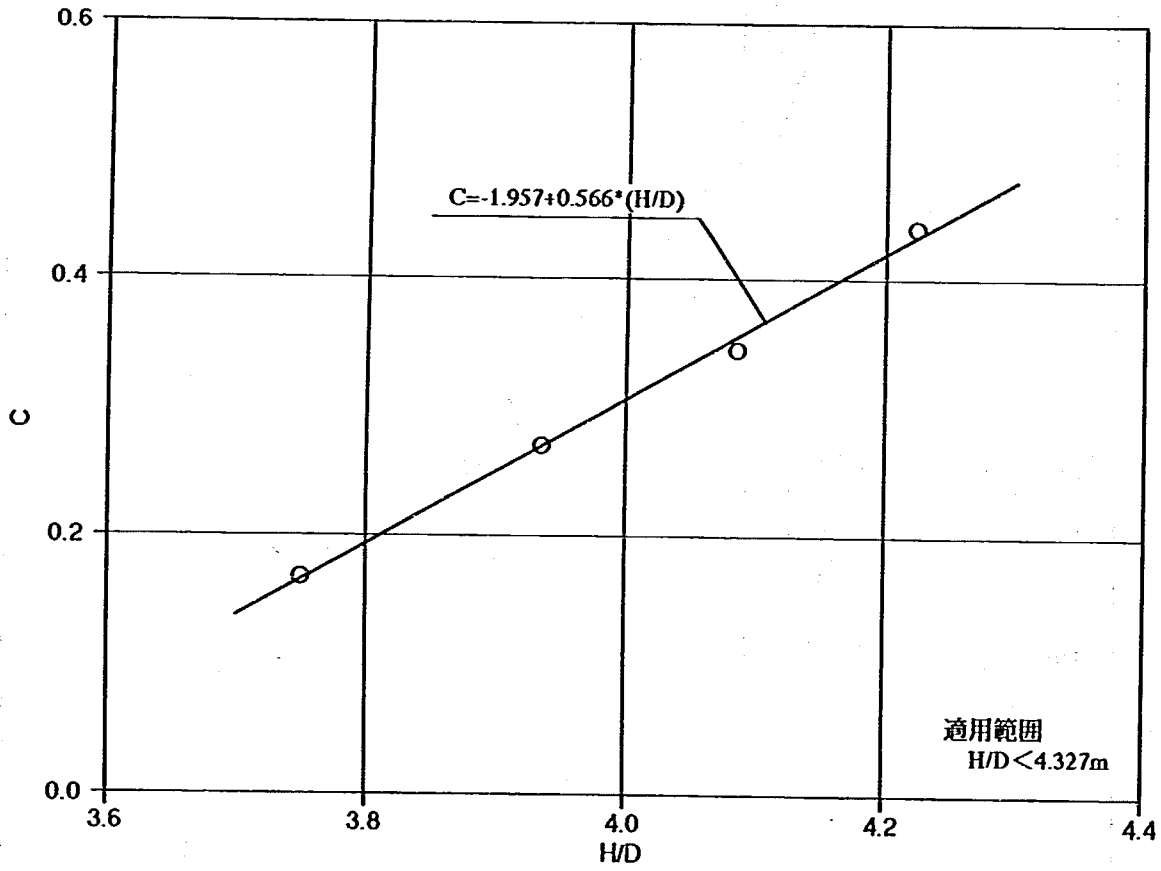
図－4.15　放流管部作用圧力分布（比較案B２，H＝O.P.67.1m，Q＝745.871㎥/s）



図－4.16　放流管部作用圧力分布（比較案B２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）



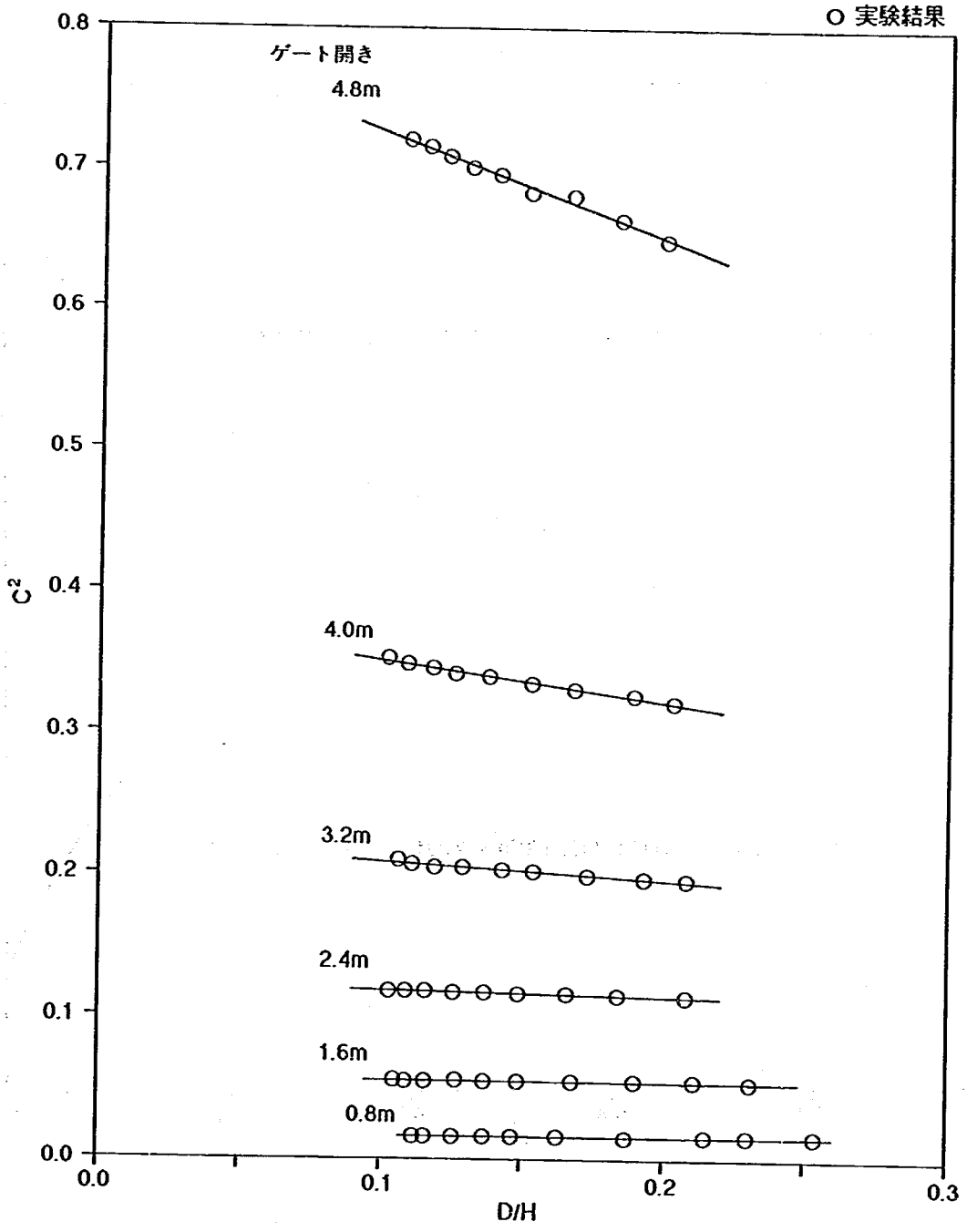
図－4.17　予備ゲート戸溝オフセット平面図



図－4.18　開水路時のCとH/Dの関係（２条放流）

$C^2=a(D/H)+b$

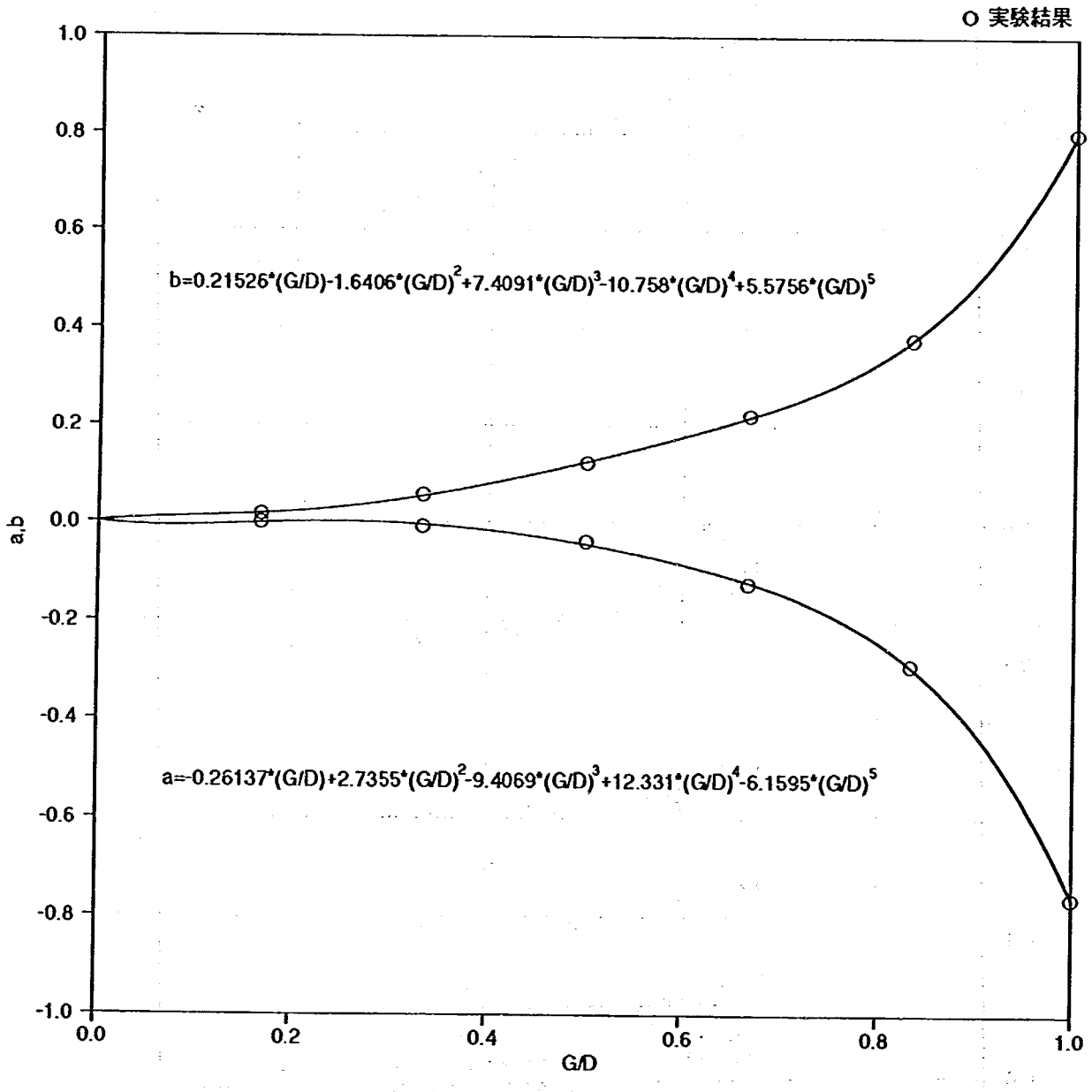
ゲート開度 (m)	a	b
4.8（全開）	-0.76206	0.80137
4.0	-0.28932	0.37932
3.2	-0.12520	0.22125
2.4	-0.03916	0.12220
1.6	-0.00872	0.05645
0.8	-0.00080	0.01604



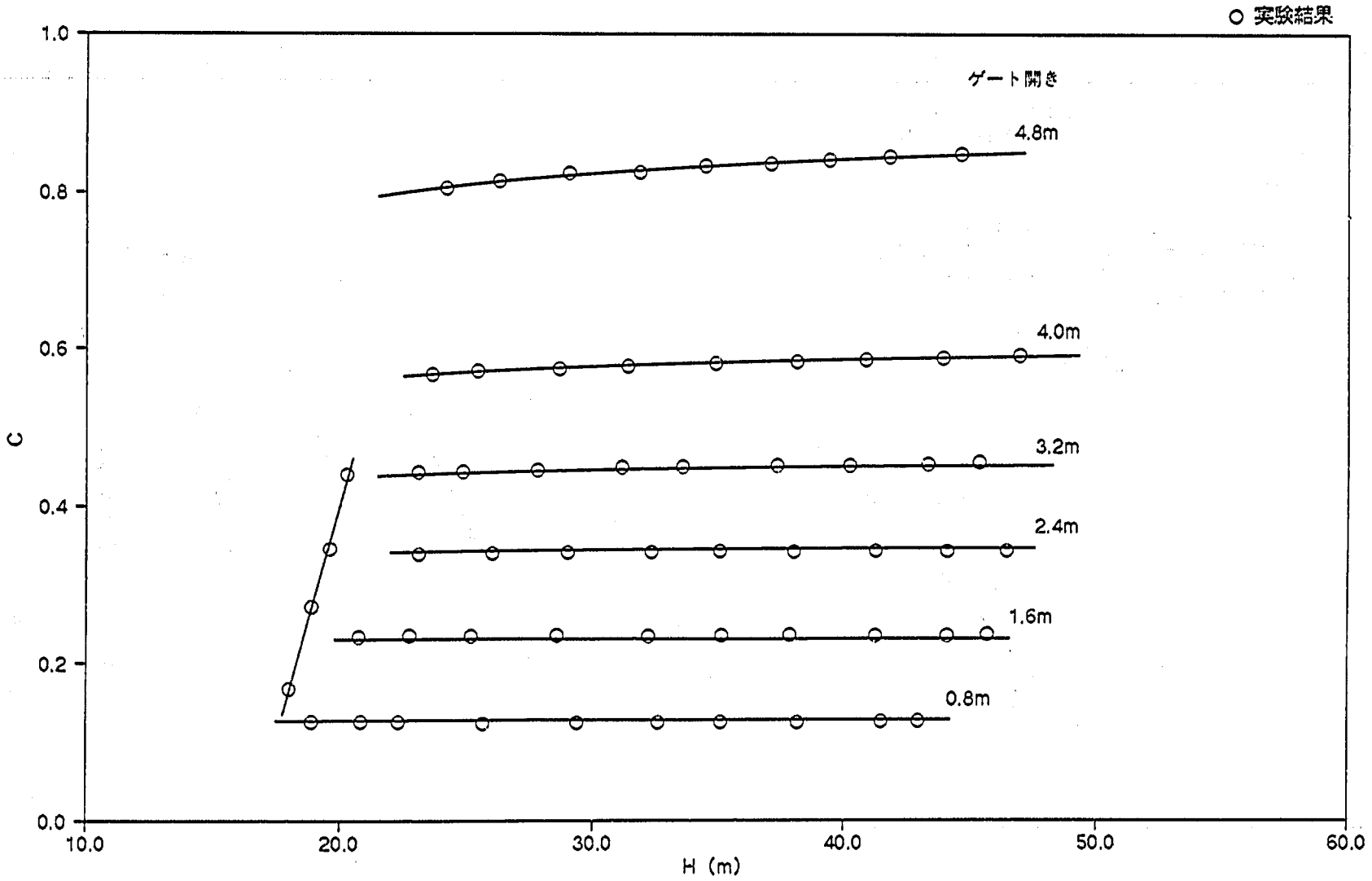
図－4.19 C^2とD/Hの関係（2条放流）

$C^2=a(D/H)+b$

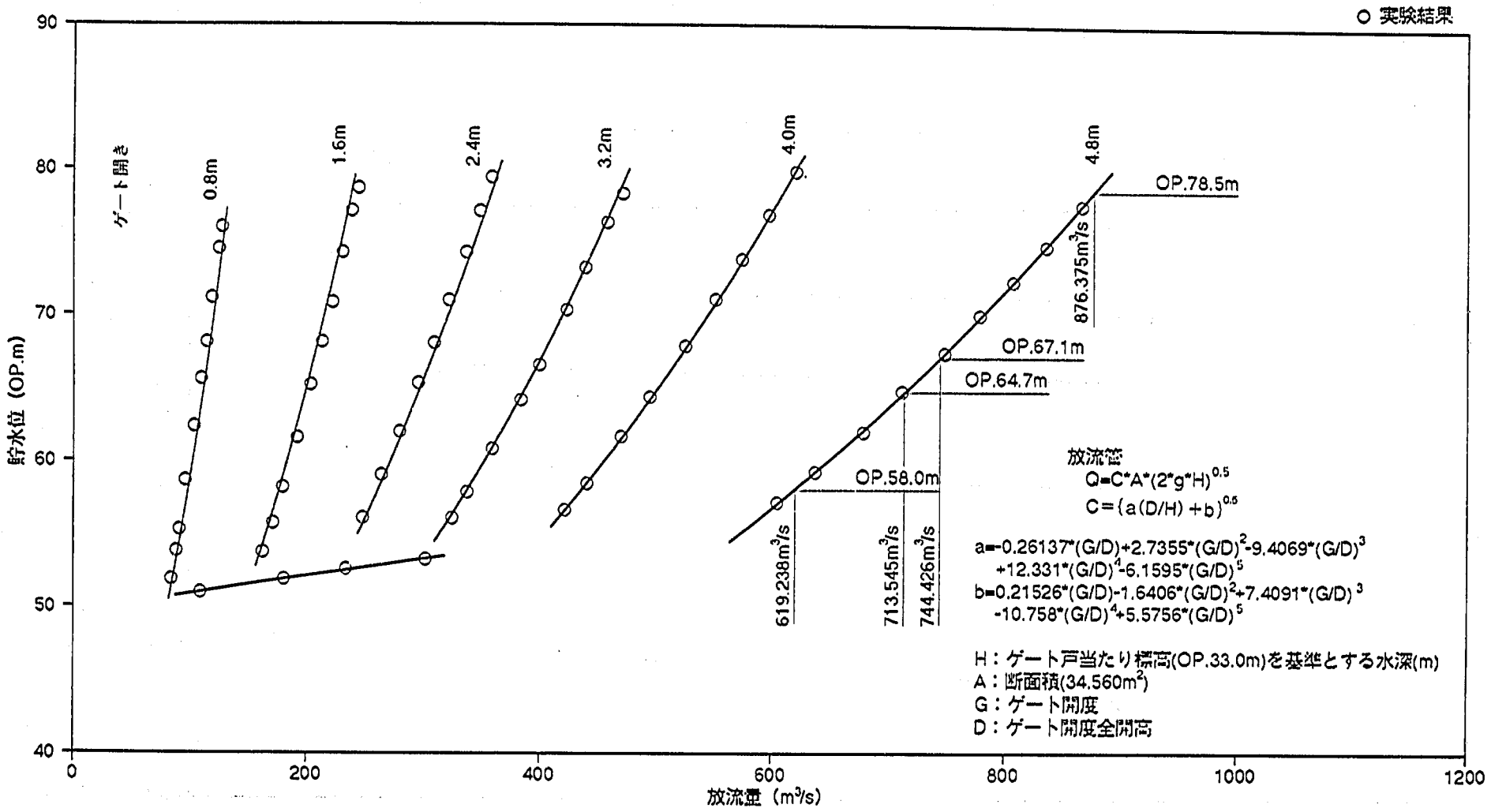
ゲート開度 G/D	実験値		推定値	
	a	b	a	b
1.00000	-0.76206	0.80137	-0.76127	0.80136
0.83333	-0.28932	0.37932	-0.29066	0.38038
0.66666	-0.12520	0.22125	-0.12107	0.21883
0.50000	-0.03916	0.12220	-0.04447	0.12548
0.33333	-0.00872	0.05645	-0.00470	0.05400
0.16666	-0.00080	0.01604	-0.00240	0.01702



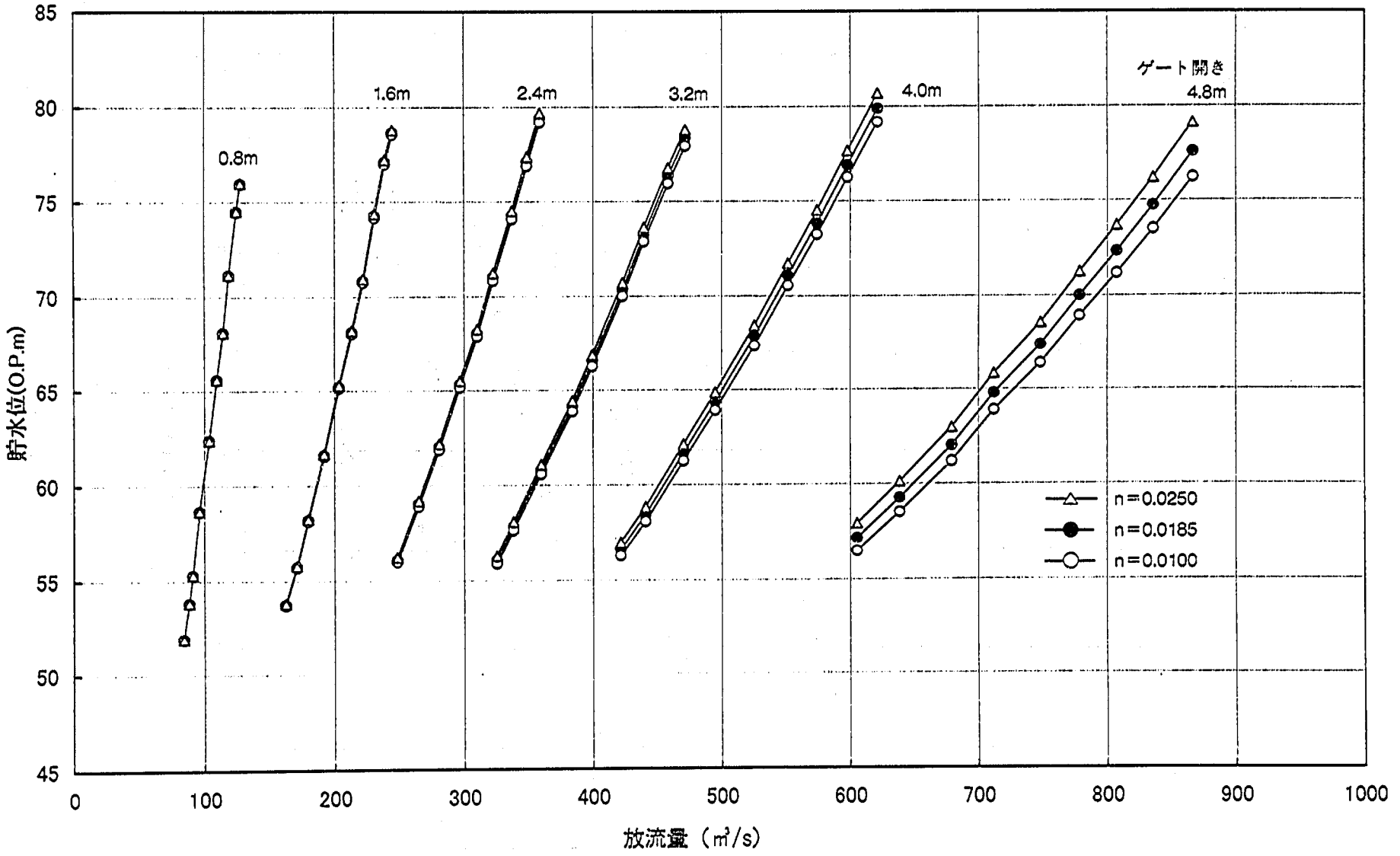
図－4.20　a, bとG/Dの関係（２条放流）



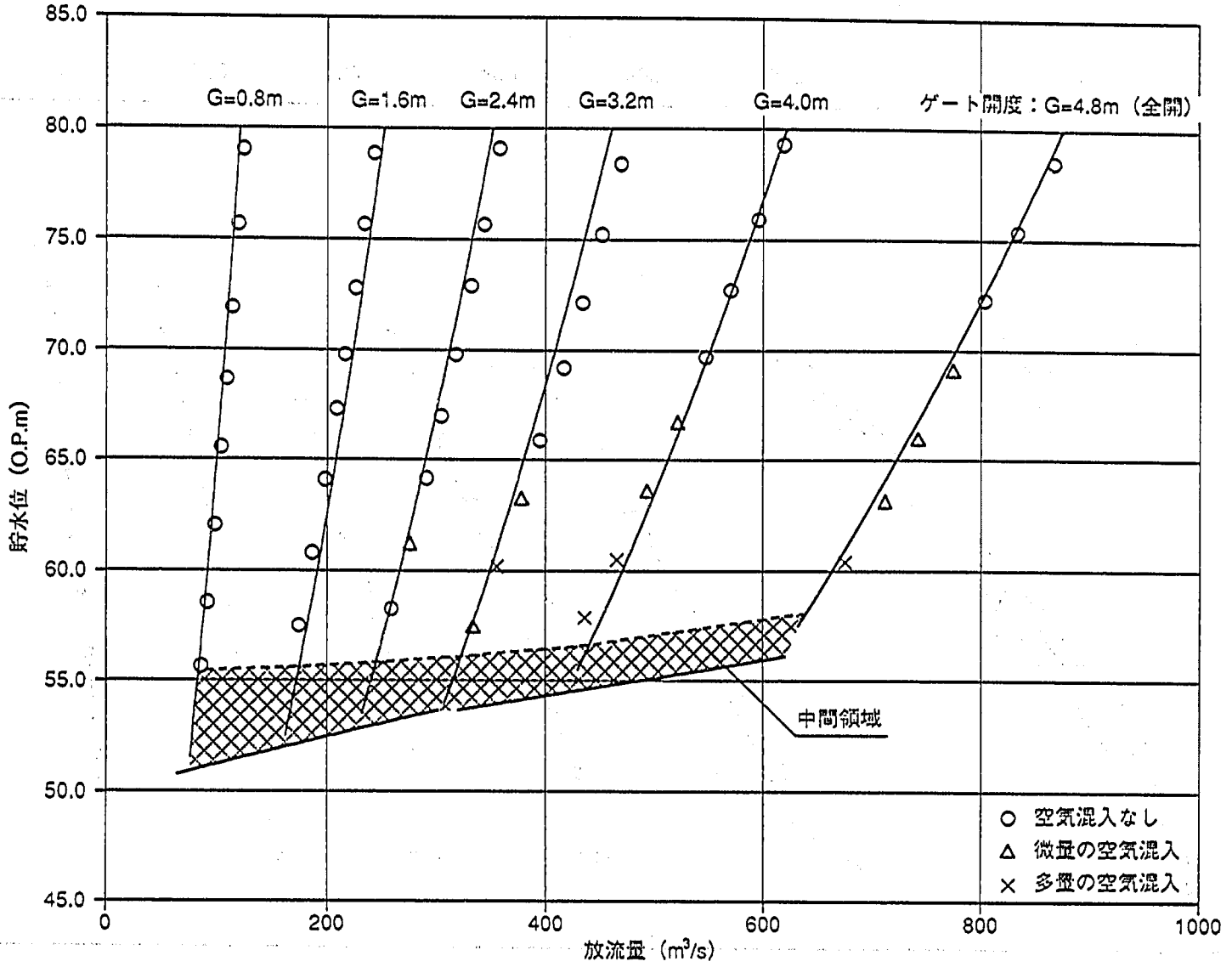
図－4.21　流量係数と作用水頭の関係（２条放流）



図－4.22　貯水位と放流量の関係（2条放流）



図－4.23　粗度の変化による放流能力の変化

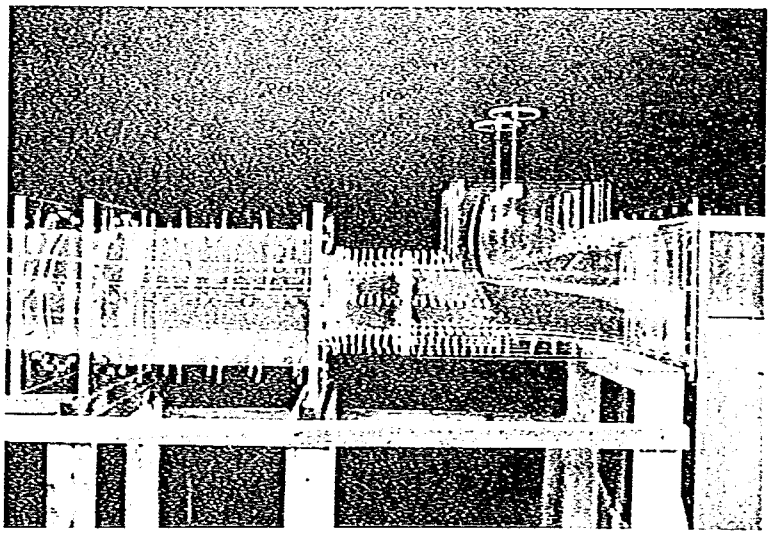

G=0.8m
G=1.6m
G=2.4m
G=3.2m
G=4.0m
ゲート開度：G=4.8m（全開）
中間領域
○ 空気混入なし
△ 微量の空気混入
× 多量の空気混入
貯水位（O.P.m）
放流量（m³/s）
85.0
80.0
75.0
70.0
65.0
60.0
55.0
50.0
45.0
0
200
400
600
800
1000

図－4.24　流入部の流況

<table>
<tr><td rowspan="2">貯水位
(OP.m)</td><td colspan="6">ゲート開度　(m)</td></tr>
<tr><td>全開</td><td>4.0m</td><td>3.2m</td><td>2.4m</td><td>1.6m</td><td>0.8m</td></tr>
<tr><td>78.500</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>76.000</td><td colspan="6" rowspan="2">流入部内は渦の発生もなく安定した流れであり、
管路部への空気の混入もみられない。</td></tr>
<tr><td>74.000</td></tr>
<tr><td>72.000</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>70.000</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>68.000</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>66.000</td><td colspan="2" rowspan="2">流入部内に1cm～2cm程度の小さい渦が
2ヶ所発生し、周期的に少量の空気を
混入して管路部へ流下した。</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>64.000</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>62.000</td><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>60.000</td><td colspan="3" rowspan="2">流入部内に1cm～2cm程度の小さい渦が
2ヶ所発生し、常時多量の空気を混入
して管路部へ流下した。</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>58.000</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

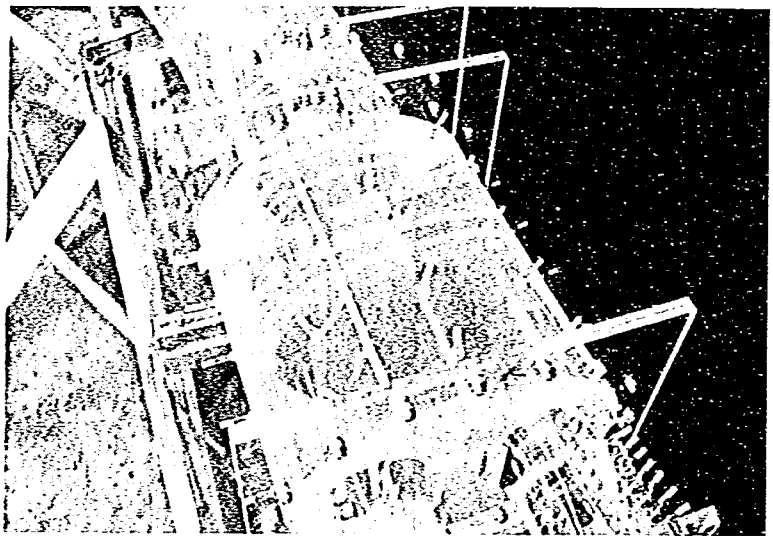
*　少量の空気混入とは5秒～10秒周期で1mm～2mm程度の気泡が10ヶ～20ヶ連行される。
多量の空気混入とは常時1mm～10mm程度の気泡が連行される。

図－4.25　ゲート開度～水位による流況



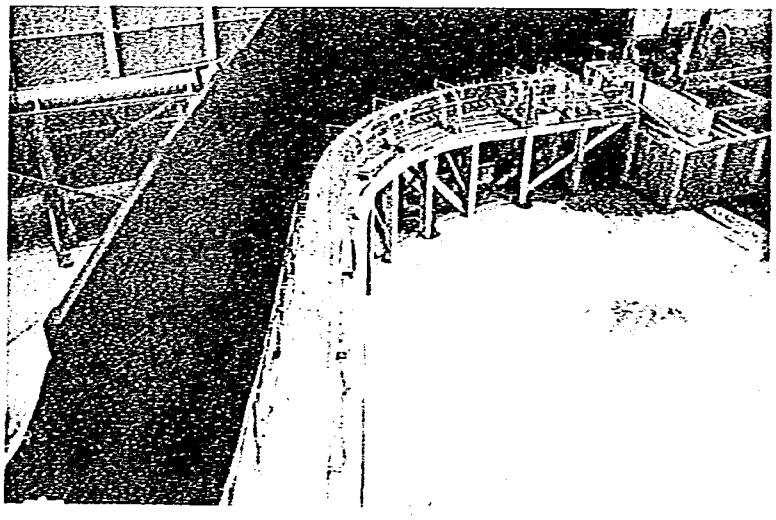
比較案B 1

写真－4.1　放流管部模型形状 a



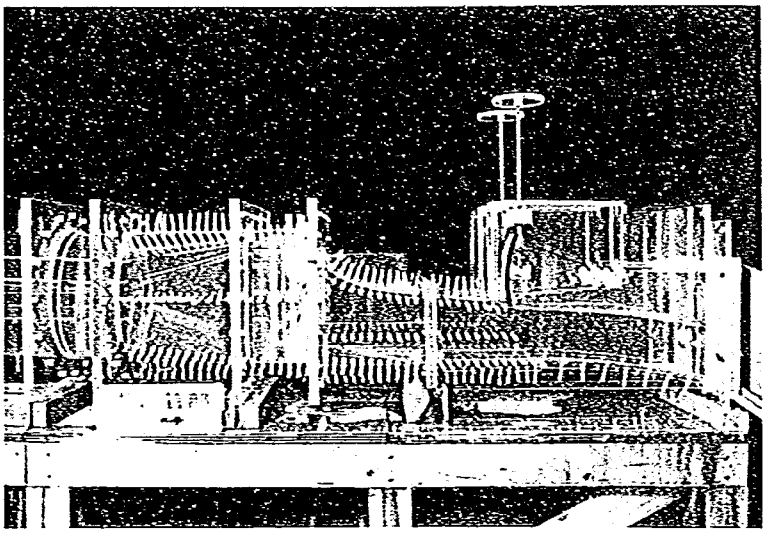
比較案B 1

写真－4.2　放流管部模型形状 b



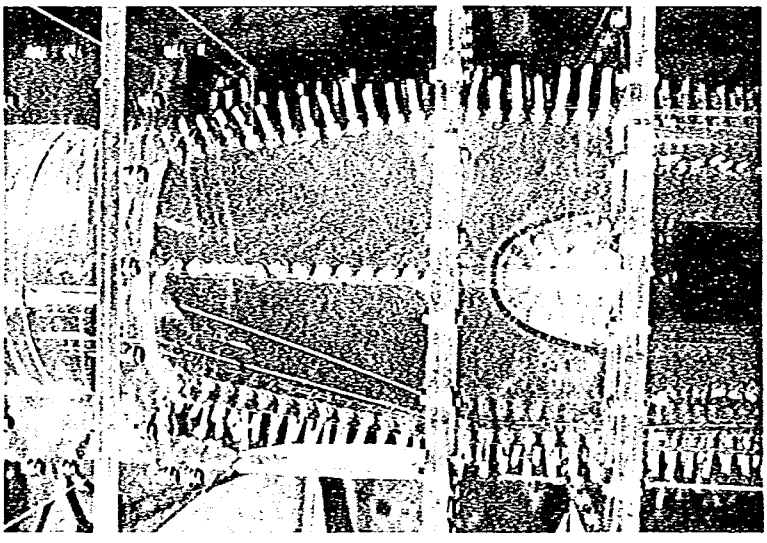
比較案B 2

写真－4.3　管路部模型形状



比較案B 2

写真－4.4　放流管部模型形状 a



比較案B 2

写真－4.5　放流管部模型形状 b

第5章　減勢工部の検討

第5章　減勢工部の検討

5.1　概　要

減勢工部に関しては、基本的に次の3点が水理設計上の留意点である。

・計画放流量以下の流量について完全に減勢可能であること。

・可能最大放流量以下の流量について顕著な流況の悪化を生じないこと。

・下流河道に顕著な流況の悪化を生じないこと。

そこで、水理模型実験により、減勢工部の流況、下流河道の流況、水面形、流速、トンネル内風速、給気量を調査し形状の検討を行った。

5.2　実験方法

5.2.1　模型

検討の過程において、測定の精度、模型の範囲、実験施設の規模、経済性を考慮して、1/40、1/50、1/62.5、1/80の4つの縮尺で模型を製作した。減勢工の基本的な流況を検討する場合には、トンネル内断面形状としてトンネル底面幅を横幅とする長方形断面を用いた。詳細な流況を検討する実験においては、模型縮尺は1/40とし、トンネル内断面形状は馬蹄形とした。模型は、木材とアクリル樹脂を用いて製作した。下流河道に関しては、表面モルタル仕上げとした。

なお、実験施設の都合上、模型は全体を左右逆に製作した。

5.2.2　相似則

Froudeの相似則を用いた。(3.2.2を参照のこと)

表－5.1　模型に対する諸量の縮尺（減勢工部）

諸量	次元	記号	縮尺			
長さ	L	K_L	1/80	1/62.5	1/50	1/40
時間	T	$K_T=K_L^{1/2}$	1/8.944	1/7.906	1/7.071	1/6.325
流速	LT^{-1}	$K_V=K_L^{1/2}$	1/8.944	1/7.906	1/7.071	1/6.325
流量	L^3T^{-1}	$K_Q=K_L^{5/2}$	1/57243	1/30882	1/17678	1/10119
粗度係数	$L^{-1/3}T$	$K_n=K_L^{1/6}$	1/2.076	1/1.992	1/1.919	1/1.849

5.2.3　計測方法

(1)流量

流量は給水管に設置されている電磁流量計のデジタルインジケータ表示値10個の平均値を用いる。

(2)水位

貯水池水位は、水槽横に設置したマノメータをポイントゲージにより測定する。越流部および減勢

工内水面形状は1mm読みスケールとレベルにより測定する。

(3)流況観察

スケッチ、ビデオ、35mmカラー写真により流況を記録する。

(4)流速

測定地点の流向を調査した後、流れの向きに合わせてプロペラ式小型流速計を設置し測定する。

(5)風速・給気量

空洞内の風速は、測定地点の風向を調査した後、風の流れの向きに合わせて風速計（アネモマスター風速計）を設置し測定する。

5.3 実験結果

5.3.1 基本的な形式

減勢工の基本形式として、副ダムによる主減勢工と、副ダム下流のシルによる二次減勢工からなる形式を採用した。また、下流河道との合流部の形状として、減勢工からの流れがスムーズに河道の流れに合流するように、河道下流側（水路左岸側）の水路壁の平面形状に傾きをつけ、水路が河道の下流に向かって徐々に広がっていく形状を採用した。

トンネル断面積については、土木研究所において行われた基礎的な水理模型実験による検討（参照：トンネル内の跳水現象の特性について、新屋敷隆・高須修二・角哲也・本田敏也、第21回関東支部技術研究発表会、21巻、p.138,139、1994.3）から、長方形断面水路における跳水現象の場合、流況を安定させるためには、トンネル内の水深に対してトンネル高に2割の余裕を持たせることが適切であるという知見が得られている。よって、トンネル断面内に収まる長方形について前記の条件を満たすように値を求めることとし、基本形状を求めた。

5.3.2 模型の縮尺効果

天ヶ瀬ダムの放流設備は、トンネル内で、比較的大きな流量の減勢を行う形式である。減勢に利用される跳水現象は、多量の空気を巻き込む現象であり、空気の混入量によって減勢工内の水面形が影響されるものと考えられる。空気の挙動が関係する現象は、慣性力と重力とが卓越する水の流れの現象が従うFroudeの相似則に従うとは限らないため、模型の縮尺により現象が異なる可能性がある。よって、この現象を水理模型により再現するにあたって、長方形断面の模型の縮尺による再現性の差異について検討を行った。実験形状を図－5.1に示す。模型縮尺としては、1/80、1/62.5、1/40の3ケースとし、流量については、200、400、600、700、800㎥/sの5ケースについて実験を行った。ここでは、流量700㎥/sのケースについて詳細を述べる。

実験結果を表－5.2、図－5.2～5.7、写真－5.1～5.9に示す。1/80および1/62.5模型については、減勢工内の流況は、比較的安定しており、水叩き始端より50m～60m程度下流で減勢は終了した。しかし、水叩き始端より20m～40m程度下流で湧き上がりがみられ、間欠的にO.P.32mのトンネル天端に達したが、完全に閉塞されることはなかった。1/40模型については、減勢工内の流況は、1/80および1/62.5模型と同様に比較的安定しており、副ダム手前でほぼ減勢が終了した。しかし、放流管からの放流水脈がシュート部において剥離するため水叩き始端付近の水面変動が若干大きかった（3.0m程

度)。また、水叩き始端付近の水面変動が下流に伝播し、間欠的にO.P.32mのトンネル天端に達したが、完全に閉塞されることはなかった。1/40模型の流況は他の模型縮尺のものに比べ若干悪くなるようである。

一般に言われているように、模型縮尺が大きくなるほど流況が悪化する傾向が若干ではあるがみられた。この傾向は他の流量のケースにおいても同様であったが、今回の模型縮尺の範囲では、現象が大きく変化することはなく用いた縮尺の範囲であれば流況の再現が可能であると考えられる。

表－5.2　模型縮尺を変化させた実験結果（放流量700㎥/s）

模型縮尺	減勢工			二次減勢工
	最大水面変動幅 (m)	最大最高水位 (O.P.m)	最大平均水位 (O.P.m)	最大水面変動幅 (m)
1/80	2.7	30.66	28.82	3.1
1/62.5	2.8	30.10	28.23	2.9
1/40	3.0	30.48	28.96	4.5

5.3.3　減勢工規模

副ダム高と水叩き長を変化させ、減勢工規模の検討を行った。河道との合流部敷き高は地形との関係からO.P.16mとした。また、下流水位は、宇治川本川水位～流量関係（52.6km地点）（図－5.8）により与えた。結果を表－5.3、写真－5.10～5.19に示す。

減勢の効果を判断する目安としては、水面の変動量、副ダムに作用する水圧、空気の混入量などがある。減勢が不完全な場合は、水面変動量が大きくなり、副ダムの上流で白濁し、流されてくる気泡が副ダムに衝突する様子が見られ、副ダムに作用する水圧は動圧となる。完全に減勢されている場合には、副ダムの上流では、水面変動が小さく、空気の混入による白濁が収まっている。また、副ダムに作用する水圧の分布は、静水圧分布に近くなり、流されてくる気泡が副ダムに衝突することなく水面に上昇していく。副ダムを高くし、水叩き長を長くすれば、完全な減勢が得られるが、減勢工の規模が大きくなり不経済となるので、減勢の状況が許容できる範囲で減勢工の規模を小さくすることが合理的である。

上記のような判断方法により結果を検討した結果、比較案C１については、減勢の効果があると判断した（図－5.9、5.10）が、比較案C2と比較案C3については、減勢工の規模が不足し充分な減勢効果が得られなかった。よって、比較案C1の形状を採用する。

次に二次減勢工については、シル高と二次減勢工水叩き長を変化させた７ケースの形状について実験を行った。その結果を表－5.4、写真－5.20～5.31に示しているが、これより、シル高2m、二次減勢工水叩き長30mの比較案C９がもっとも施設規模が小さく、かつ減勢効果のある形状であると判断し、これを採用した。

表－5.3　減勢工規模を変化させた実験結果

ケース	副ダム高(m)	水叩き長(m)	流況	
			700㎥/s	863㎥/s
比較案C1	10	60	○	○
比較案C2	9	60	△	△
比較案C3	10	50	△	×

表－5.4　二次減勢工規模を変化させた実験結果

ケース	シル高(m)	二次減勢工水叩き長(m)	流況	
			700㎥/s	863㎥/s
比較案C4	なし	－	×	×
比較案C5	4	35	○	○
比較案C6	3	35	○	○
比較案C7	2	35	○	○
比較案C8	1	35	×	×
比較案C9	2	30	○	○
比較案C10	2	25	○	△

5.3.4　下流河道水位条件

これまでの検討によって、減勢工形状が求められているが、検討での下流河道の水位条件は、宇治川本川水位～流量関係（52.6km地点）（図－5.8）を用いている。一方、天ヶ瀬ダム直下流の水位と流量の関係には不明確な部分も多く、下流河道の水位が、減勢工と下流河道の流況に及ぼす影響を評価するために、下流河道水位を変化させて実験を行った。なお、下流河道の背水の影響などを再現するために河道地形を広い範囲で製作した。

実験に使用した模型の縮尺は1/50であり、合流部より上流約70m、下流約420mの範囲の河道地形を表面モルタル仕上げによって製作した。河道地形の再現においては、30個の横断面についての測量結果を用いている。各断面には番号を付けており、合流部をNo.0とし、下流に向かって正の整数番号（No.23まで）を付け、上流に向かって負の整数番号（No.-6まで）を付けている（図－5.11参照）。52.6km地点はNo.21に一致する。

実験においては測点断面No.8（トンネル式放流設備合流部から163m下流）の水位を基準とし、O.P.19.7m～O.P.30mの範囲で変化させ、減勢工と河道の流況および水面形を調査した。流量の設定は、トンネル式放流設備とダム本体の放流の組み合わせで（700㎥/s、0㎥/s）、（863㎥/s、0㎥/s）、（700㎥/s、800㎥/s）、（863㎥/s、1800㎥/s）の4ケースとした。

実験結果の概要を表－5.5に示す。宇治川本川水位～流量関係から下流河道水位を設定した（トンネル：700㎥/s、ダム：800㎥/s、断面No.21水位：22.492m）ケースと、流量の設定は同じで実験の結果もっとも流況が安定した範囲の下流河道水位を設定した（トンネル：700㎥/s、ダム：800㎥/s、断面No.8水位：24m）のケース、およびサーチャージ水位時にトンネルとダムの両者から最大の放流を行った場合に相当する（トンネル：863㎥/s、ダム：1800㎥/s、断面No.21水位：24.939m）の3

ケースについて、詳細な記録を図－5.12～5.23、写真－5.32～5.47に示した。

全体としてみると次のようなことがいえる。

まず、トンネル式放流設備単独放流の場合について下流河道水位が低い場合には、河道の流れに対して、減勢工からの放流水の勢いが相対的に強く、減勢工から流出した流れは合流部では射流となる。河道の中央付近で跳水が発生し、トンネルからの流れが対岸に達し湧き上がる。この流れの勢いが強いためトンネル吐き口から上流河川内に半時計回りの循環流が生じ、反対の下流側にも弱い逆流域を生じている。対岸で反射した流れが河川流下方向に流れを変え、断面No.3～4で再び跳水を生じる。

河道水位が高くなってくると、合流部付近で生じている跳水位置が、背水の影響で、だんだん合流部の上流へと移動し、流況は安定してくる。

さらに河道水位が上昇すると、水面の動揺が合流部の天端にあたりトンネルの吐き口が閉塞されるようになる。今後ダム直下流の合流部付近の流量と水位の関係の設定方法について更に検討を行い、計画されている放流量で、この範囲（表－5.5の流況⑤）の水位以上となる場合には、水面からの余裕高が水深の２割程度となるように、トンネルの吐き口高を高くする必要があるものと思われる。

表－5.5では、跳水の発生している位置および流れの状態により、流況を分類し、その下流水深の範囲を示している。

ダム側放流がある場合には、トンネル吐き口部において水深が十分確保されているので安定した流れであり、トンネルからの流れが対岸に達することはない。一部に流れの淀んだ領域がみられるものの、流れは河道に均等に流下し、問題はないものと思われる。

ダム側の放流がない場合には、下流河道の水位によってトンネルからの流れが対岸にあたり湧き上がる流況がみられる。

なお、今回の水理模型実験において、下流水位を調節しない条件（もっとも厳しい条件）でトンネル放流設備単独放流を行った場合、放流量が370㎥/sを越えると、トンネルからの流れが対岸にあたり湧き上がる流況がみられた。よって、基本的には、トンネルからの単独放流を行う場合には、370㎥/s以下とすることが望ましいが、大きな流量をトンネル放流設備単独で放流する場合には、トンネル吐き口対岸の保護対策について検討する必要がある。

表－5.5　減勢工および河道の流況

流　況	トンネル：700㎥/s ダ　ム：　0㎥/s	トンネル：863㎥/s ダ　ム：　0㎥/s	トンネル：700㎥/s ダ　ム：800㎥/s	トンネル：　863㎥/s ダ　ム：1800㎥/s
流況① トンネルからの流れが対岸にあたり湧き上がる	19.7～22.75	20.5～24.0	－	－
流況② 跳水位置が河道内にある	19.7～21.5	19.7～23.1	－	－
流況③ 跳水位置がトンネル内にあるが流れが若干不安定	21.5～25.0	23.1～26.0	22.3～24.0	－
流況④ 貯水位置がシル直上流付近になり流れが安定	25.0～30.0	26.0～30.0	24.0～30.0	25.0～30.0
流況⑤ トンネル吐口天端(O.P. 27m)に水面があたる	27.0～30.0	26.5～30.0	26.0～30.0	25.0～30.0

注）河道水位は、合流部より163m（断面No.8）地点の水位、単位は（O.P.m）

5.3.5 馬蹄形断面模型による実験

これまでの検討においては、長方形のトンネル断面を用いて適切な形状を求めてきた、そこで、最終的な検証を行うために、馬蹄形断面を再現した縮尺1/40の模型を用いた実験を行うこととした。下流河道についても縮尺1/40で、断面No.9までの範囲の地形を再現した。

これまでに求めてきた形状について実験を行った結果を図－5.24、5.25、写真－5.48～5.53に示す。これをみると、馬蹄形断面を再現したことにより、長方形断面と比較してトンネルの断面積が大きくなったため、水叩き長における水深が若干小さくなり、空断面に余裕が出来ている。減勢の効果は十分にあり、水理的には問題のない流況である。

以上の検討により減勢工について一応の提案形状を得たが、放流設備のトンネル断面が大規模なものであることから、更に、そのトンネル断面を縮小させる案について検討することとした。ゲートの座標は構造的な制約から変更できないので、ゲート位置は変えずにトンネル断面を小さくすることを検討し、2つの形状案を考案して実験を行った。一つは副ダムを下流に移動させてスロープの傾斜を小さくする形状（比較案C11）、もう一つは副ダムを下流に移動させてゲート下流に水平水路を設ける形状（比較案C12）であり、これまでの検討形状において700㎥/s放流時の副ダム下流減勢に余裕があるものと考えての設定である。

(1)比較案C11

比較案C11に関しては、スロープの勾配を緩やかにし、順傾斜水叩きとすることによって、トンネル断面の減少を狙ったものである。検討では、まず、藤本の式（参照：昭和60年版水理公式集、p.313）により、スロープの勾配と水叩き長をパラメータとして変化させ、トンネル断面積がもっとも小さくなる形状（比較案C11Type1）を導いた。その後、模型を製作し実験を行い、流況をみながら段階的に形状を変化させていき、最終となる形状を選定した。実験を行った形状について図－5.26～5.30に示す。

ゲート下流のスロープ部に何も設置しない場合には、スロープが長くなったため、二つの放流口から流れ出た水脈が広がる過程で互いに衝突して跳ね上がり、跳水始端において均等な水脈の厚さとならなかった（図－5.32～5.35、写真－5.54～5.62)。これを解決するために、導流壁とデフレクターを設置することを検討した。導流壁を長く設置することにより水脈の衝突を解消することは出来たが、水脈が充分に広がらない点と導流壁の規模が大きく不経済である点が問題であった。そこで、導流壁は短くして、中央の導流壁を水脈が衝突するところへ潜り込むような形のデフレクターとすることを考案した。デフレクターの長さを変えた実験を行うことによって、水脈の衝突を解消し、水脈が跳水始端で均等に広がる形状（TYPE8）を求めた。また、減勢工規模、二次減勢工規模についても形状を変化させて比較することにより最適な規模（TYPE11、TYPE14）を求めた。比較案C11の最終案およびその実験結果を図－5.31および図－5.36～5.39、写真－5.63～5.71に示す。スロープ部での跳水による水面の動揺がやや大きいが、副ダム上流では減勢がほぼ終了しており、流況は問題ない。

(2)比較案C12

比較案C12については、スロープから副ダムまでをこれまでの形状のまま下流に移動し、ゲートからスロープまでを小断面の水平水路とすることによってトンネル内体積を減少させたものである（図－

5.40)。

比較案C12についても、ゲート下流に何も設置しないで実験を行った結果、水平水路のため二つの水脈がすぐに広がり激しく衝突し跳ね上がった（図－5.44～5.47、写真－5.72～5.80)。このため、比較案C11と同様に、導流壁とデフレクターにより、流況の安定を目指して検討を行った（図－5.41、5.42）が、比較案C12の場合は、デフレクターによる効果があまりみられず、スロープまでの水平水路に導流壁を設けた形状（TYPE5）がもっとも流況が良い結果となった。よって、この形状を採用し、さらに減勢工規模、二次減勢工規模についても形状を変化させて比較することにより最適な規模（TYPE6、TYPE9）を求めた。比較案C12の最終案およびその実験結果を図－5.43および図－5.48～5.51、写真－5.81～5.89に示す。減勢工の流況は問題ないものである。

検討を行った結果、比較案C11および比較案C12のどちらについても水理的には問題のない形状を導き出すことが出来、いずれの形状も採用が可能である。一方、別途実施された、経済性及び施工性の面からの検討結果によれば、大断面の扁平区間が短い点、傾斜面に構造物がない点から比較案C12の方が有利であるとされており、第２章に示したように、ここでは最終案として比較案C12を提示した。

5.3.6　最終案の検証実験

最終案の水理模型による調査結果を示す。流量と下流河道水位の条件は以下の３ケースを設定した。

- トンネル放流量：700㎥/s、ダム放流量：　800㎥/s、断面No.8水位：22.75m
- トンネル放流量：700㎥/s、ダム放流量：　800㎥/s、断面No.8水位：24.00m
- トンネル放流量：863㎥/s、ダム放流量：1800㎥/s、断面No.8水位：25.515m

下流河道の流況を図－5.52～5.54に、下流河道の水面形を図－5.55～5.57、下流河道の流速分布を図－5.58～5.60に示した。下流河道の流況は安定しており問題はない。

現段階では計画されていないが、参考までにトンネル放流設備から単独で放流する運用が行われた場合の合流部付近の流速分布を調査した。その結果を図－5.61～5.66に示す。

トンネル内の風速について測定した結果を図－5.67、5.68に示す。トンネル内風速は、跳水始端とトンネル出口付近で大きな値となっている。給気管については、二つの放流管のそれぞれにひとつずつゲート下流の天井に直径1.1mの給気管を設置する予定であり、水理模型に給気管を設置して実験を行った。給気管の管内風速を図－5.69、給気量を図－5.70に示す。給気量については、放流量が700㎥/sまでは、ほぼ流量に比例して給気量も増えているが、700㎥/sを越えると急激に給気量が増えている。これについては、水面の乱れが急激に大きくなっていることや、水面が上昇したことにより下流からの給気量が減少し上流からの給気量が増えたことなどが原因として考えられる。

図－5.71、写真－5.90～5.93に、二つの放流管をそれぞれ単独で使用した場合の減勢工流況の実験結果を示す。単独放流の場合には、減勢工内に平面的な流れが生じ、若干不安定な流況となる。原則として、二つの放流管は開度を同じにして同時に使用することが必要であるが、単独で使用した場合も減勢工流況が極端に悪化することはない。

5.3.7 ゲート下流水平水路部の必要高さ

減勢工の最終案においては、ゲート下流に約36mの水平水路を設けることとなったため、この水路部分の必要高を求める。空気混入による水深の補正値をガメンスキーの式より求める。計算においては、サーチャージ水位時にゲート全開としたときを対象とする。

・ガメンスキーの公式（参照：多目的ダムの建設昭和62年版第4巻設計Ⅱ編、財団法人ダム技術センター編、p.268）

$$h' = h(1+m) \qquad (5\text{-}1)$$

$$m = \frac{1}{200}\frac{U^2}{gh} \qquad (5\text{-}2)$$

ここで、h' ：見かけの水深(m)

h ：計算によって求めた水深(m)

m ：補正係数

U ：断面平均流速(m/sec)

g ：重力加速度(m/sec2)

hについては、実験結果の値を用いることとし、

$$h = 4.8(\mathrm{m}) \qquad (5\text{-}3)$$

とする。

断面平均流速については、ゲート直下流の流速を対象とし、サーチャージ水位時の作用水頭より以下の式を用いて求める。

$$U = C\sqrt{2gH} = 0.9\times\sqrt{2\times9.8\times(78.5-33)} = 26.88(\mathrm{m/s}) \qquad (5\text{-}4)$$

ここで、C ：流量係数（0.9とする）

H ：作用水頭(m)（貯水位－ゲート敷き高（O.P.33m））

以上の値を式(5.1)、(5.2)に代入する。

$$m = \frac{1}{200}\frac{U^2}{gh} = \frac{1}{200}\times\frac{26.88^2}{9.8\times4.8} = 0.0768 \qquad (5\text{-}5)$$

$$h' = h(1+m) = 4.8\times(1+0.0768) = 5.17(\mathrm{m}) \qquad (5\text{-}6)$$

ここで、河砂基準（案）（参照：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）設計編［Ⅰ］、山海堂、p.246）によれば、トンネル式導流部の設計について「設計洪水位において放流することとなる流量の流積とトンネル断面積の比は3/4程度を上限とする」とされている。また、多目的ダムの建設（参照：多目的ダムの建設昭和62年版第4巻設計Ⅱ編、財団法人ダム技術センター編、p.273）によれば、

トンネル内の流れを開水路流とするためのトンネル断面の選定基準として、最大流量流下時の水流の流積は、トンネルの断面積の3/4程度以下にすべきことが提唱されている。

これらを参考に、水路内の必要高さ（長方形断面として必要な高さ）を以下のように求める。

$5.17\times(4/3)=6.89(m)$

値を丸めて、ゲート下流水平水路の必要高さは、

7.0m

とする。(図－2.7参照)

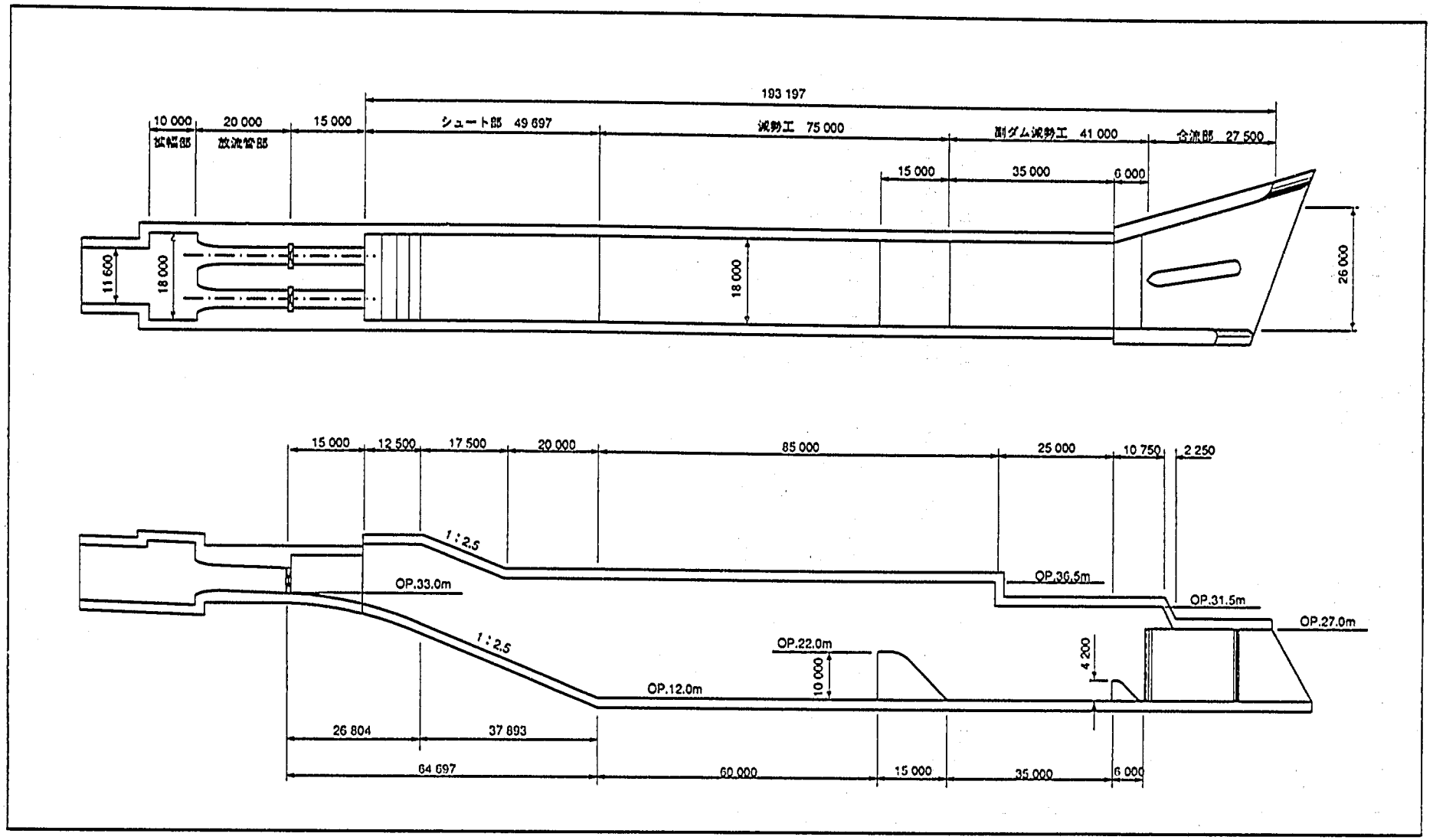
5.4 まとめ

以上、減勢工部について調査を行った結果を以下にまとめる。

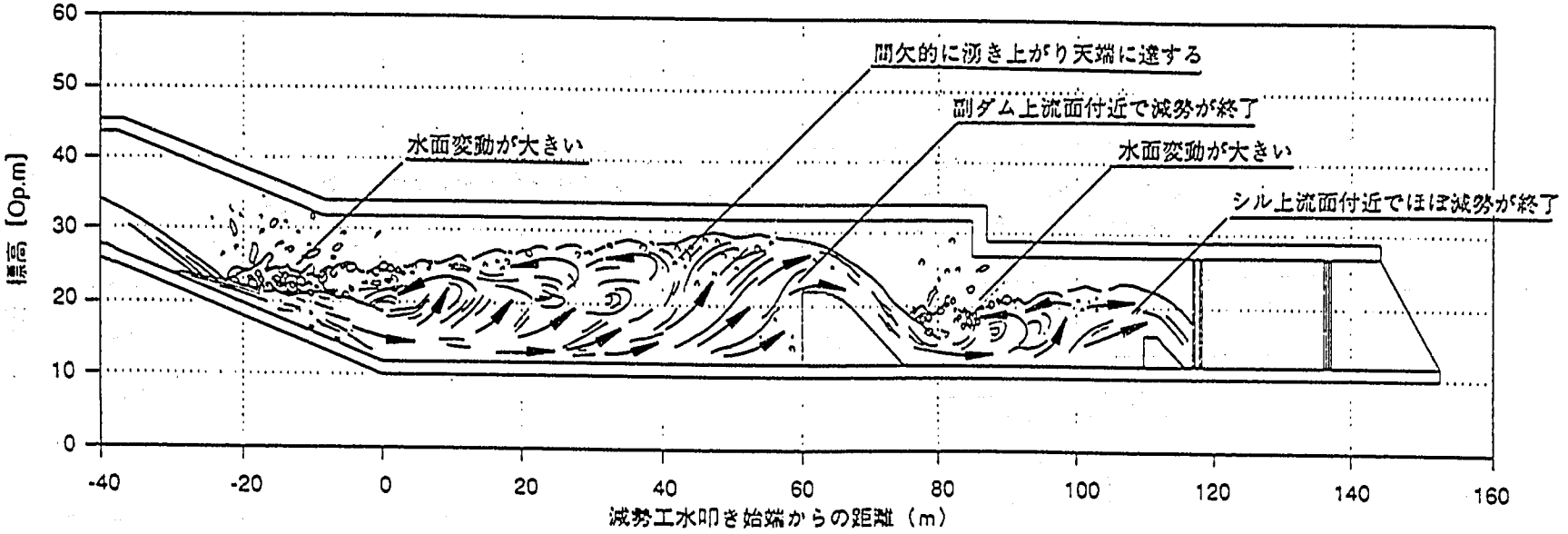
(1) 水理模型実験により求められた減勢工部の最終案形状を図－2.7～2.10に示す。

(2) 最終案形状に関しては、700㎥/sの放流量に対して減勢が可能であり、863㎥/sの放流量に対しても流況の顕著な悪化を生じない。

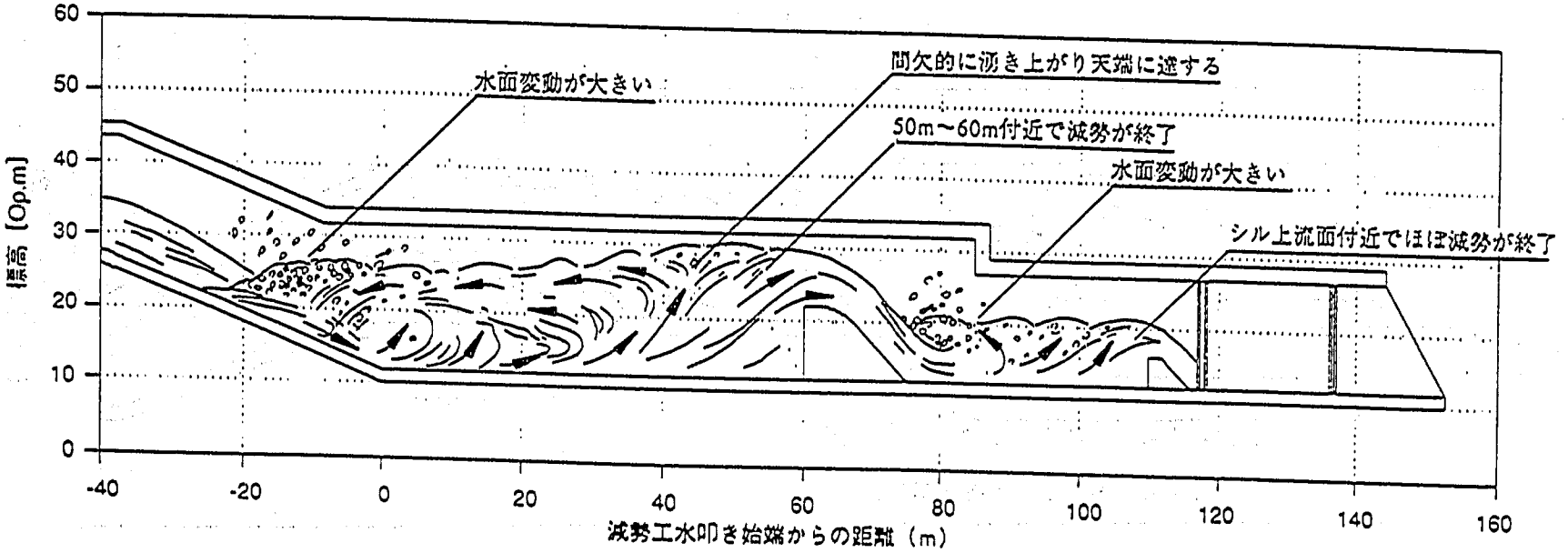
(3) 下流河道の流況に関しては、ダム本体の放流がある場合はトンネル式放流設備からの放流が河道と合流する部分の流況は安定している。ただし、トンネル式放流設備から単独で放流する場合には、放流量が大きく下流河道の水位が低い場合には、放流水が射流の状態で対岸に達する流況となることがあり、また、下流水位が高い場合には、トンネル吐き口天端が閉塞する恐れがある。このため、今後、合流部付近の放流量と水位の関係について精査を行い、水位の条件に応じて表－5.5を参考にして、対岸の護岸や吐き口天端高変更等の対策の必要性を検討する必要がある。



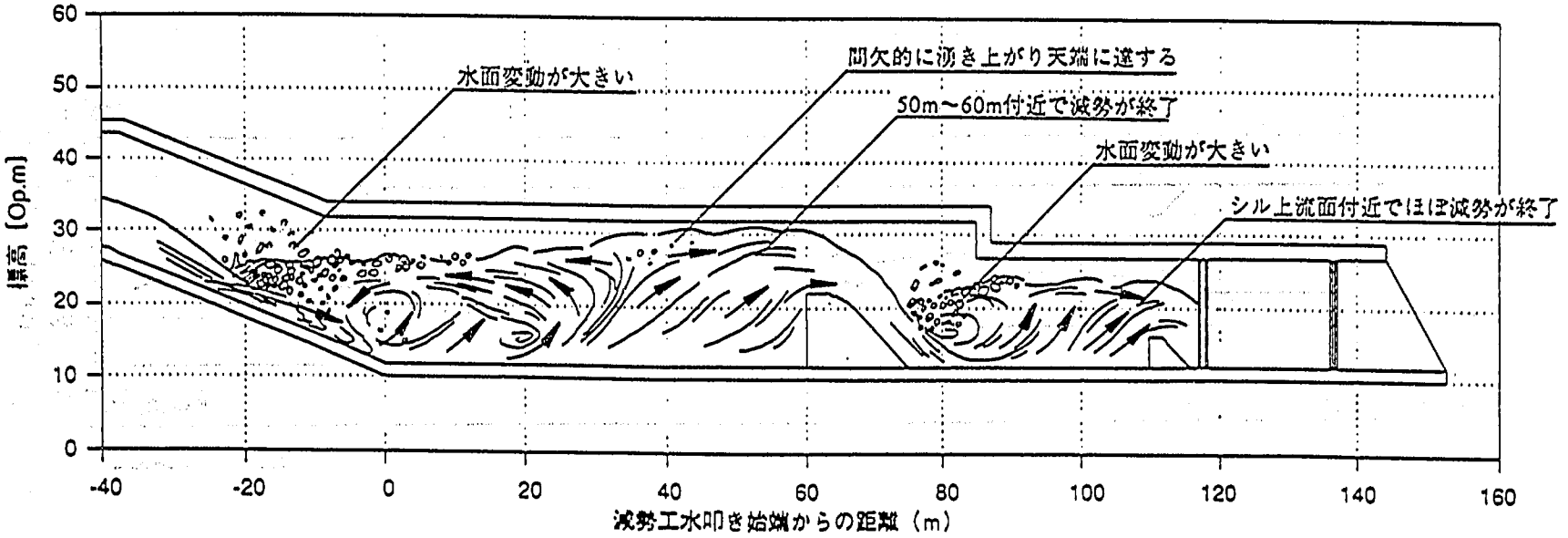
図－5.1　減勢工形状（縮尺効果実験模型）



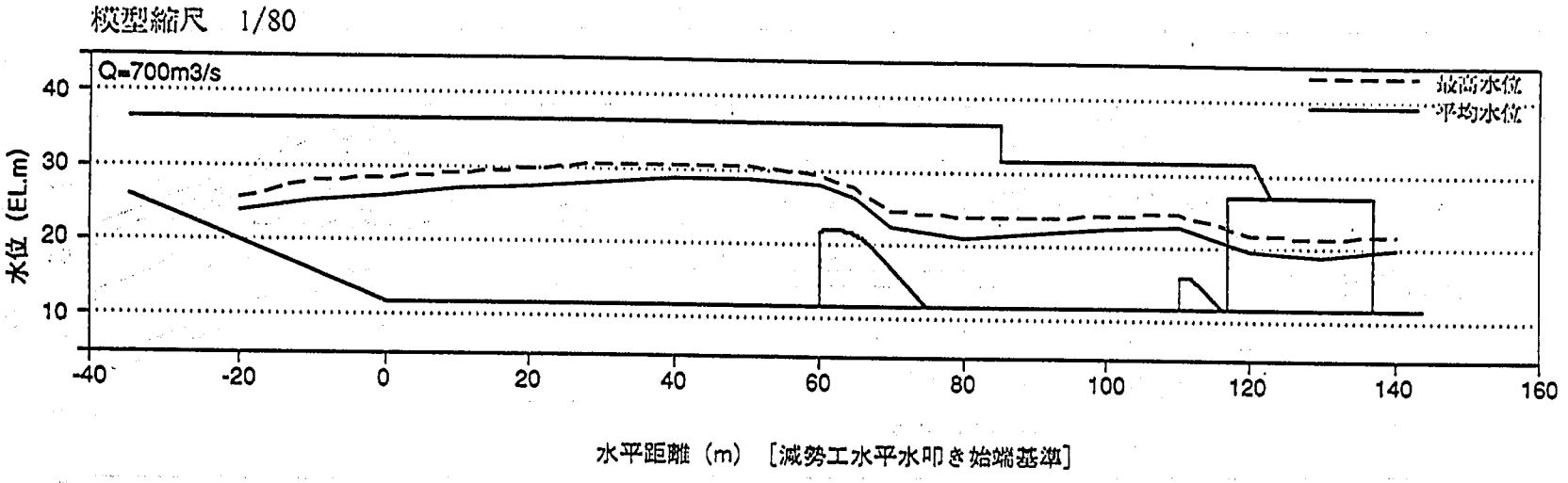
図－5.2　減勢工流況（模型縮尺：1/ 80、Q＝700㎥/s）



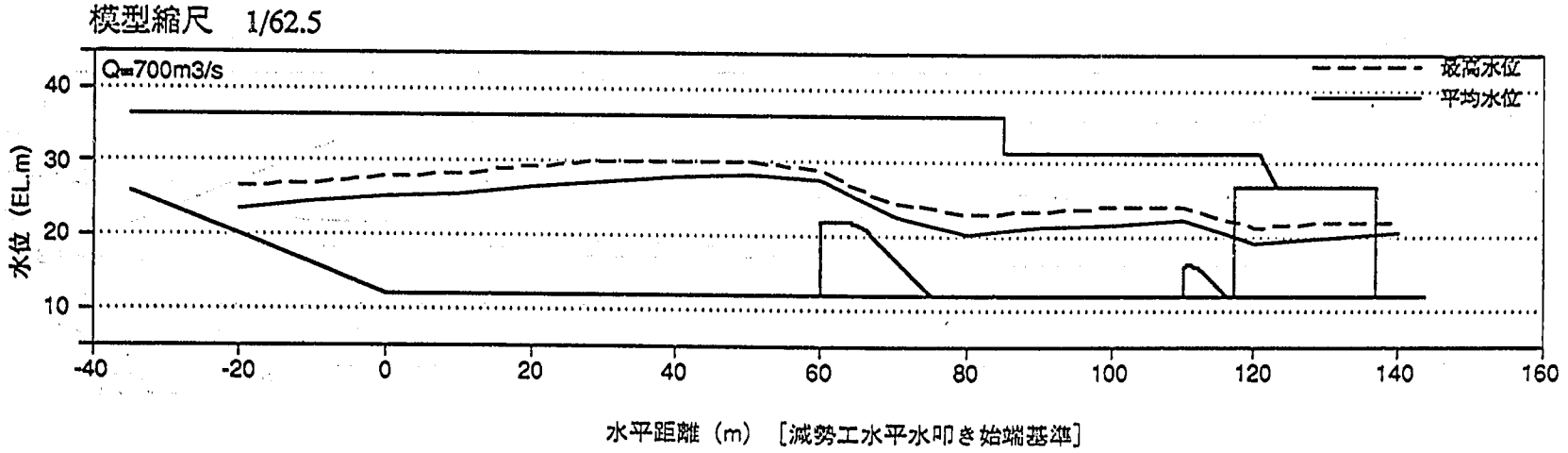
図－5.3　減勢工流況（模型縮尺：1/ 62.5, Q=700㎥/s)



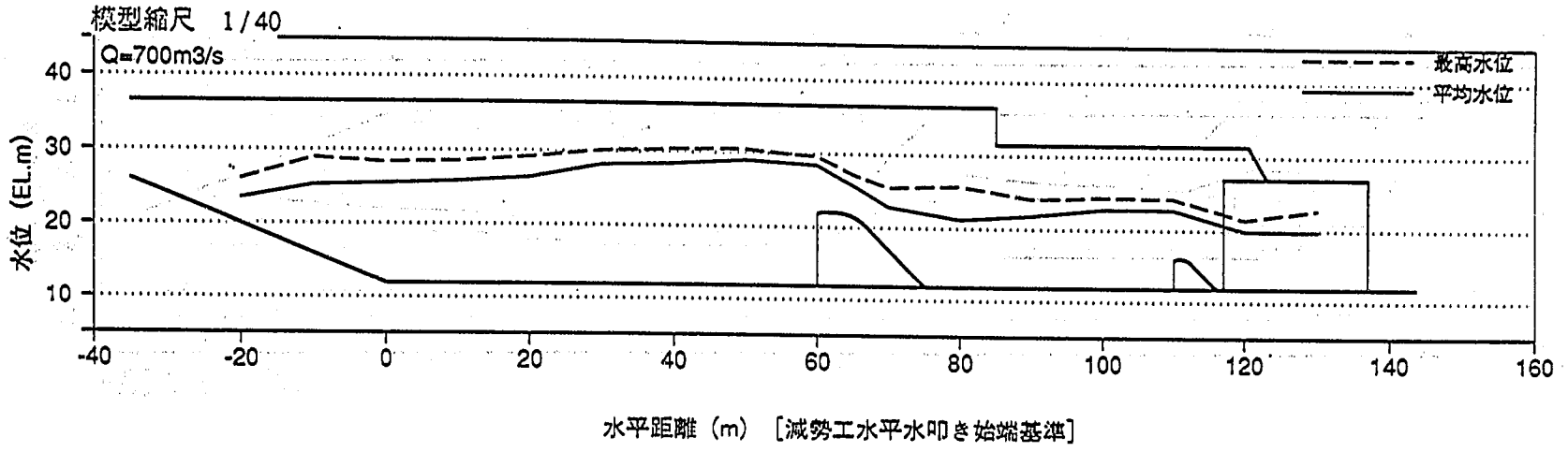
図－5.4　減勢工流況（模型縮尺：1/ 40，Q＝700㎥/s）



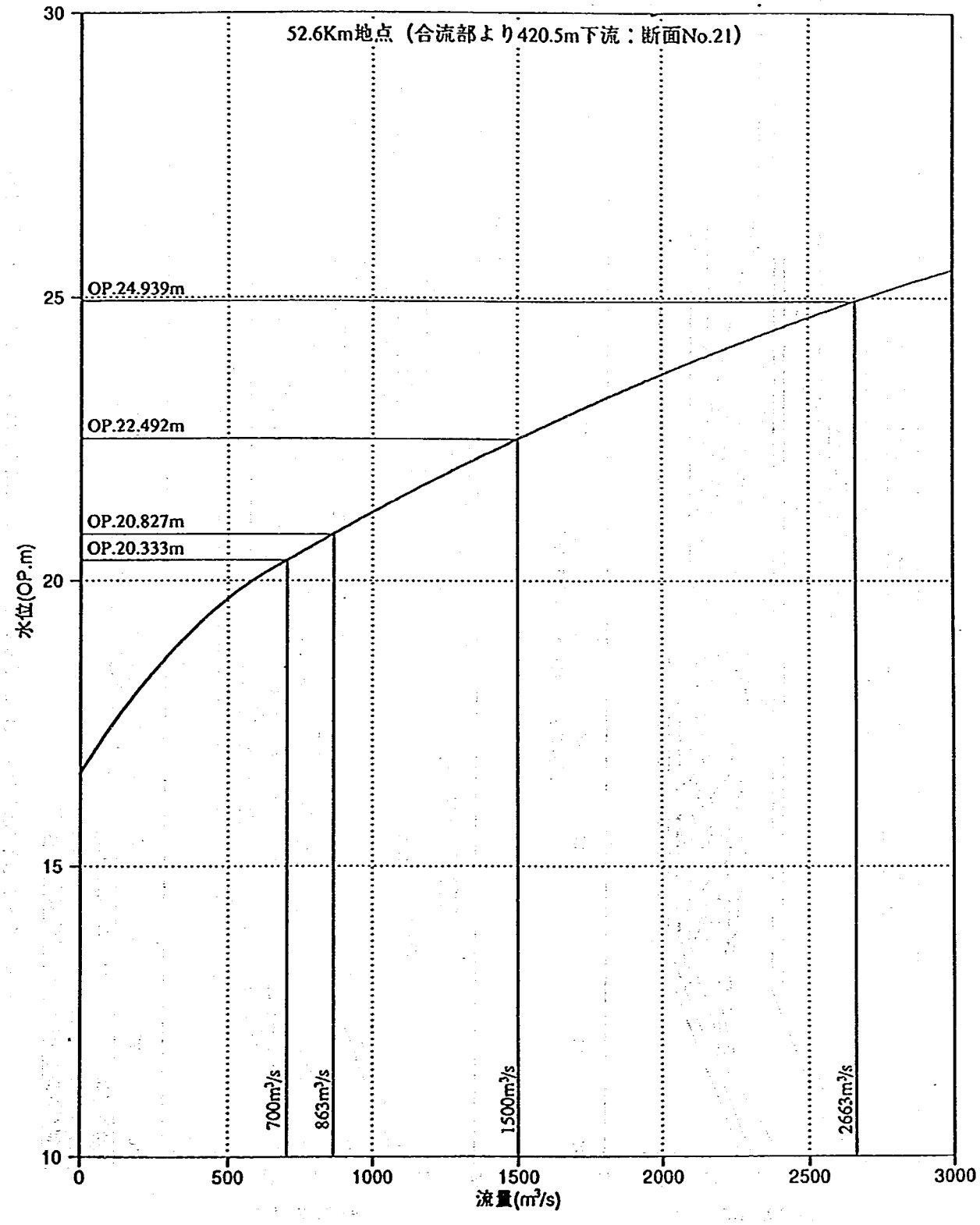
図－5.5　減勢工水面形（模型縮尺：1/ 80，Q＝700㎥/s）



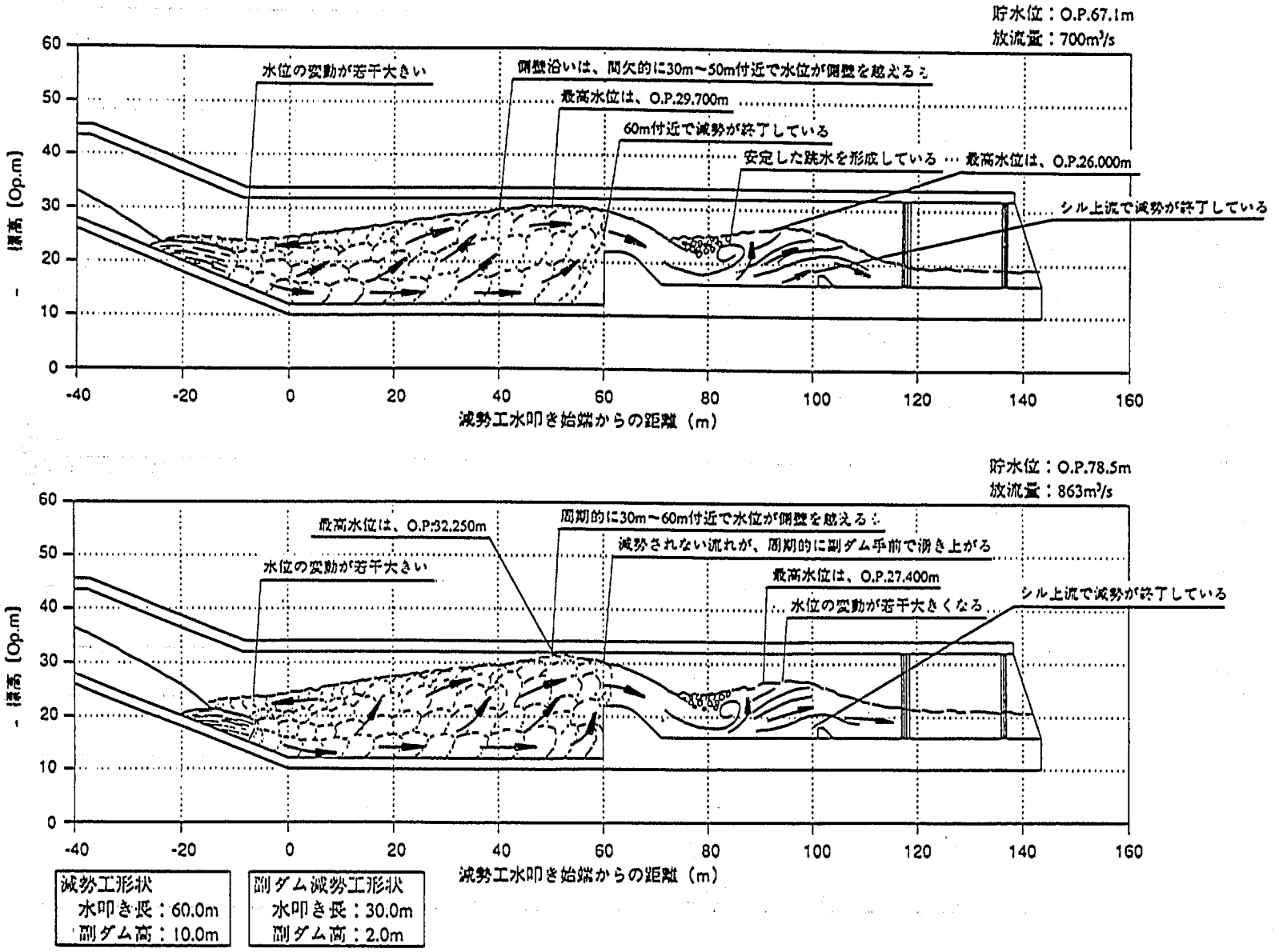
図－5.6　減勢工水面形（模型縮尺：1/ 62.5, Q＝700㎥/s）



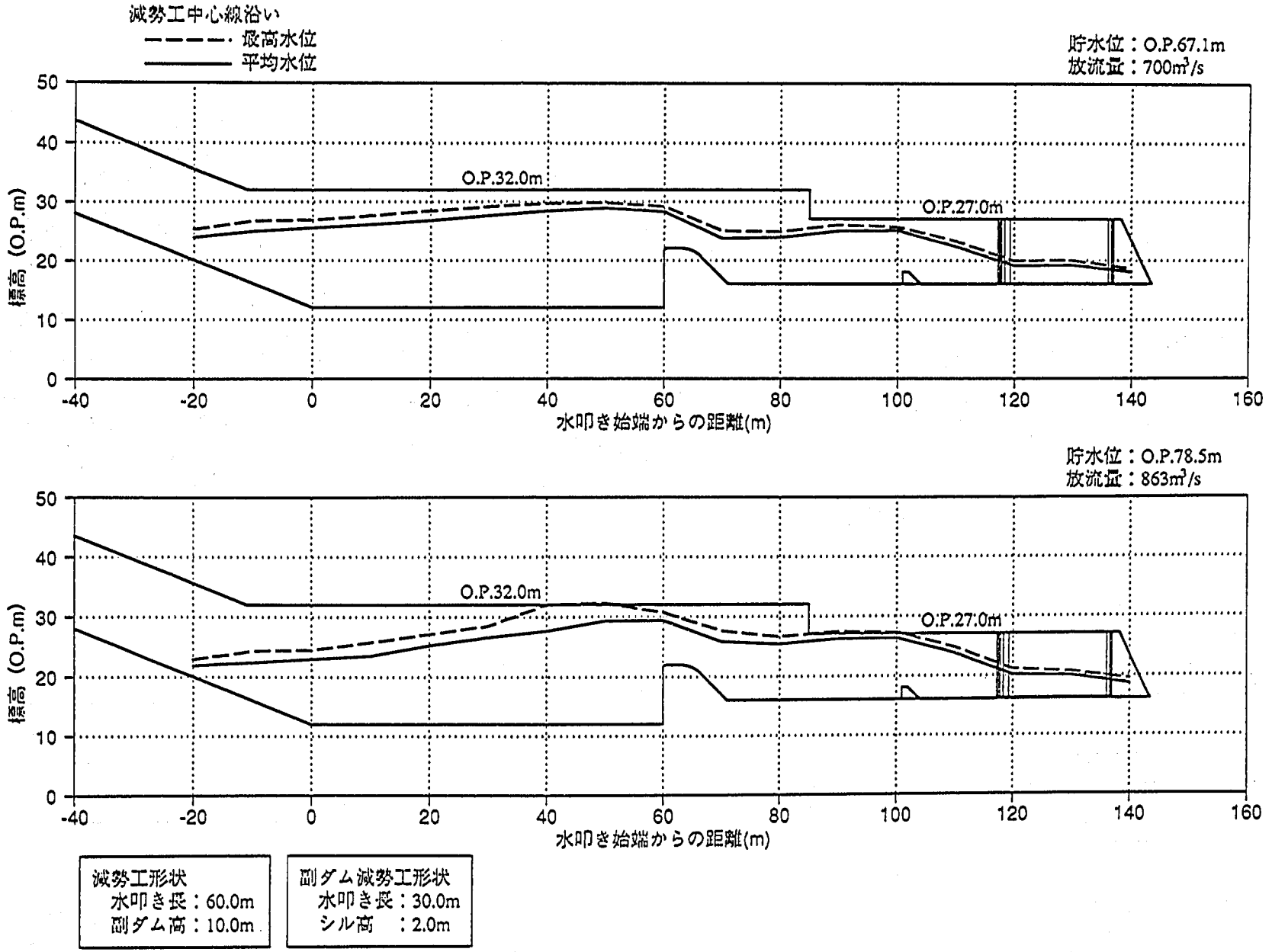
図－5.7 減勢工水面形（模型縮尺：1/ 40, Q＝700㎥/s)



図－5.8　宇治川本川水位～放流量関係（52.6km地点）



図－5.9　減勢工流況（水叩き長：60m，副ダム高：10m，二次減勢工水叩き長：30m，シル高：2m）

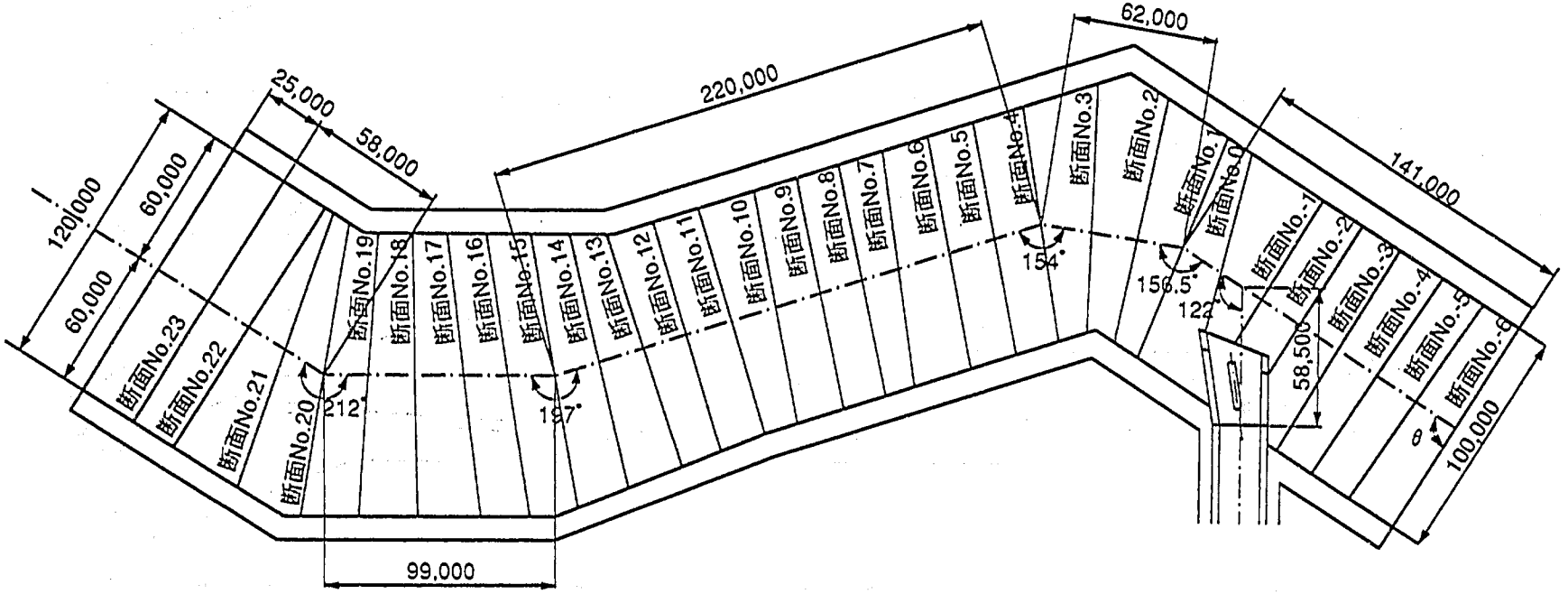


図－5.10　減勢工水面形（水叩き長：60m，副ダム高：10m，二次減勢工水叩き長：30m，シル高：2m）

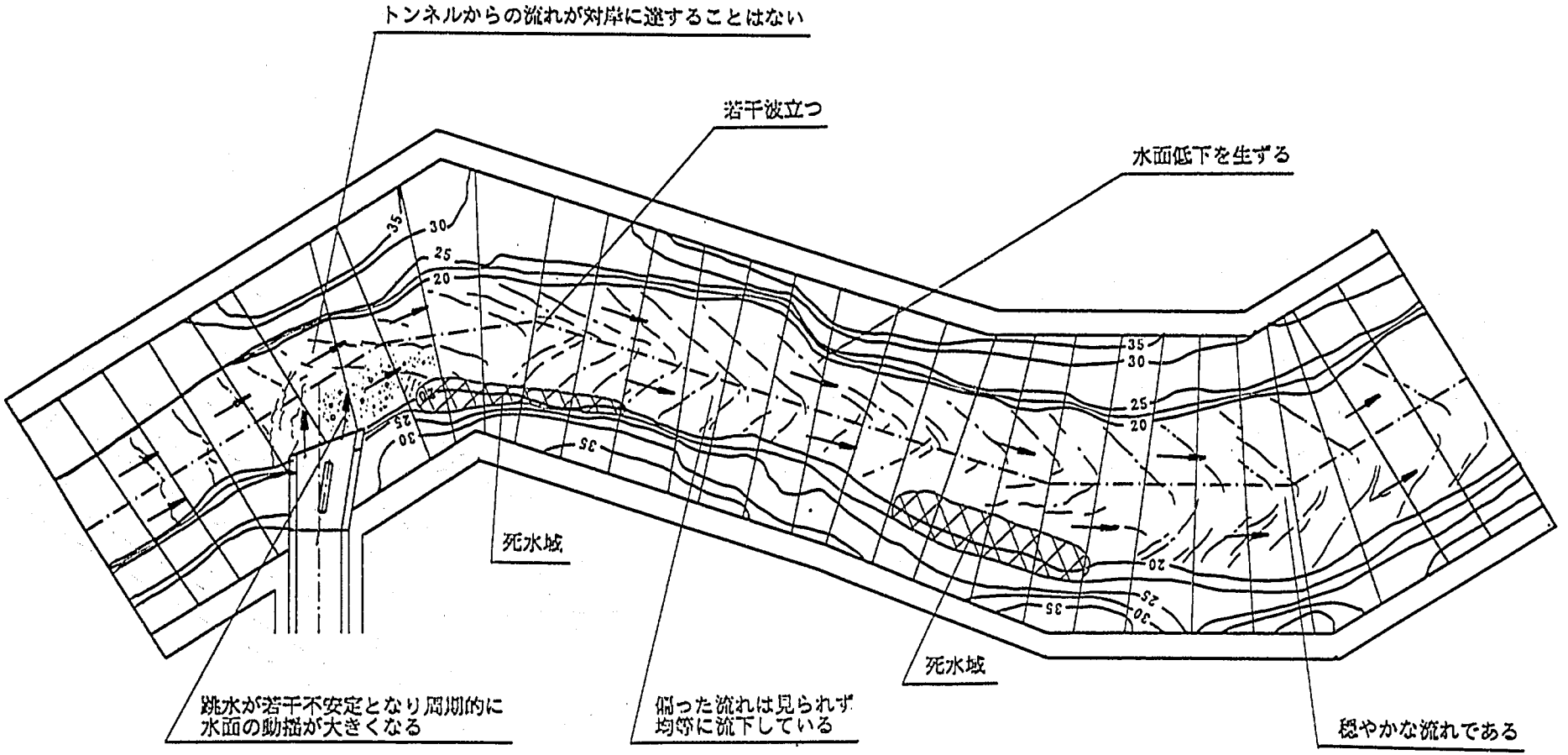
断面No.	断面No.0からの距離(m)	角度(θ)
-6	-121.0	87.0
-5	-100.5	87.5
-4	-80.5	88.5
-3	-60.5	90.5
-2	-41.0	90.0
-1	-21.0	90.5
0	0.0	108.0
1	20.0	76.5
2	40.0	86.5
3	60.0	96.5

断面No.	断面No.0からの距離(m)	角度(θ)
4	82.0	82.0
5	103.0	84.0
6	123.5	84.0
7	146.5	81.0
8	163.0	85.0
9	182.0	85.0
10	202.5	84.0
11	222.0	90.0
12	242.5	90.0
13	262.0	91.5

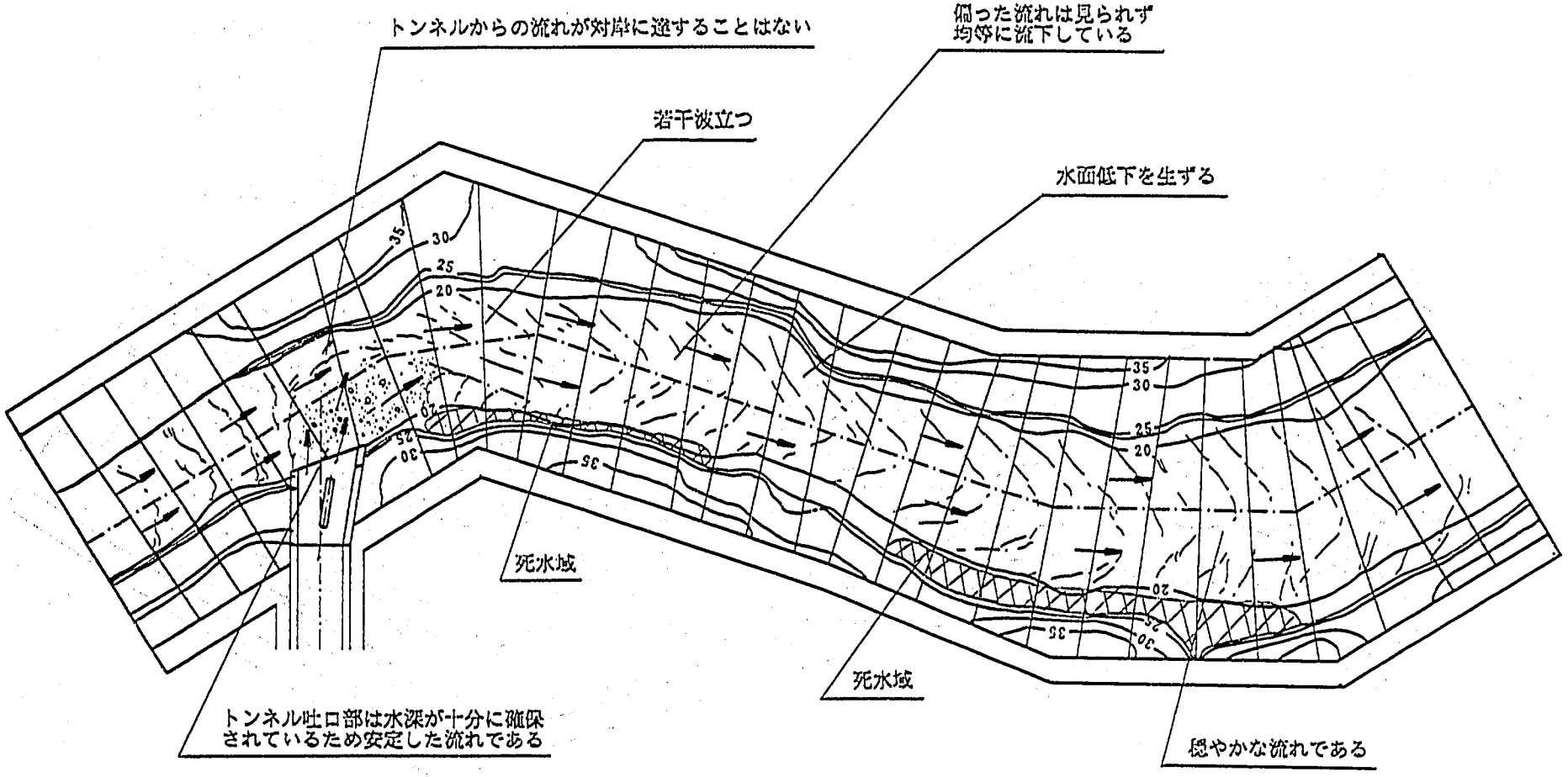
断面No.	断面No.0からの距離(m)	角度(θ)
14	282.0	86.5
15	302.0	100.0
16	322.0	99.0
17	341.0	97.0
18	362.0	91.0
19	382.0	86.0
20	401.0	112.5
21	420.5	102.5
22	438.5	89.5
23	459.0	90.0



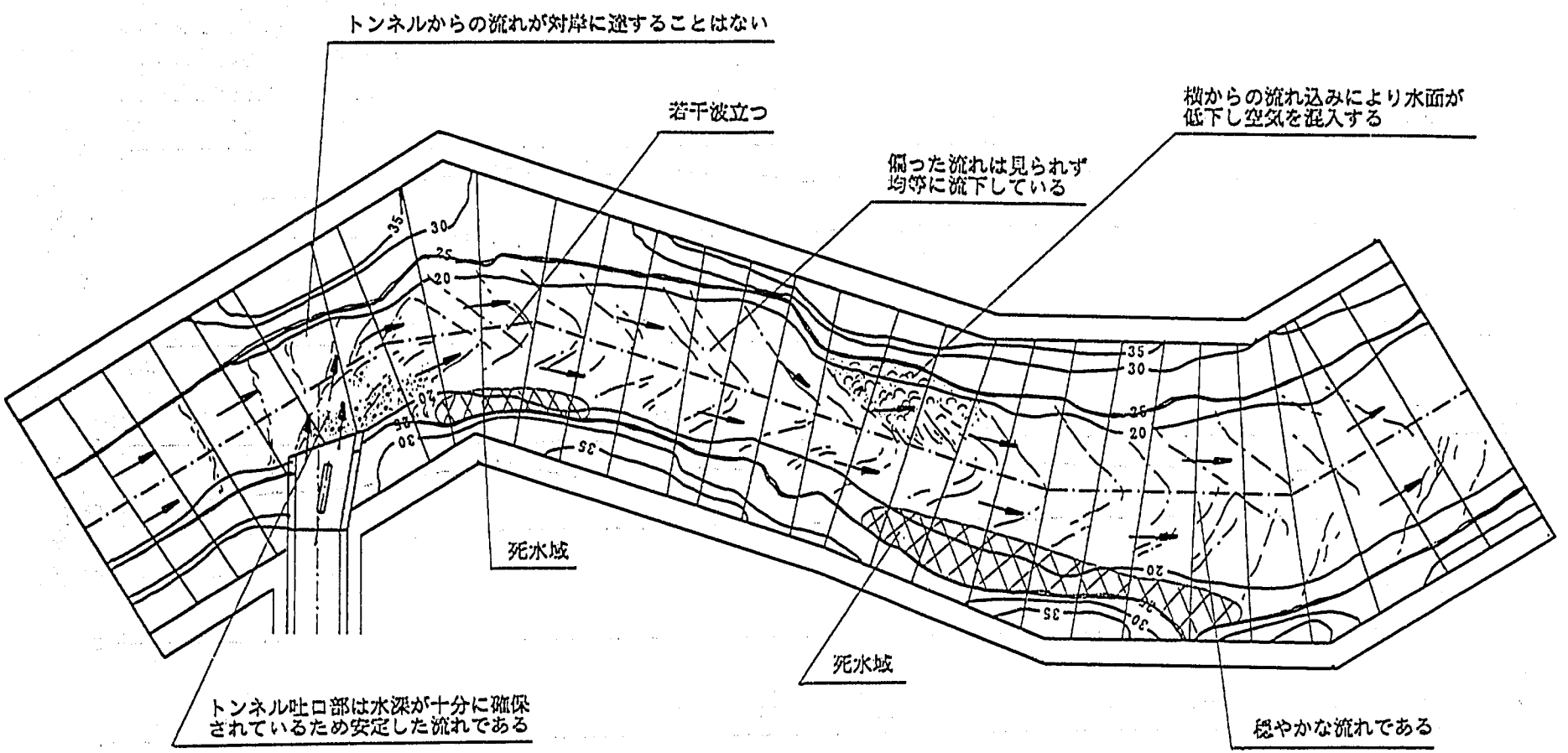
図－5.11　下流河道断面No.設定位置



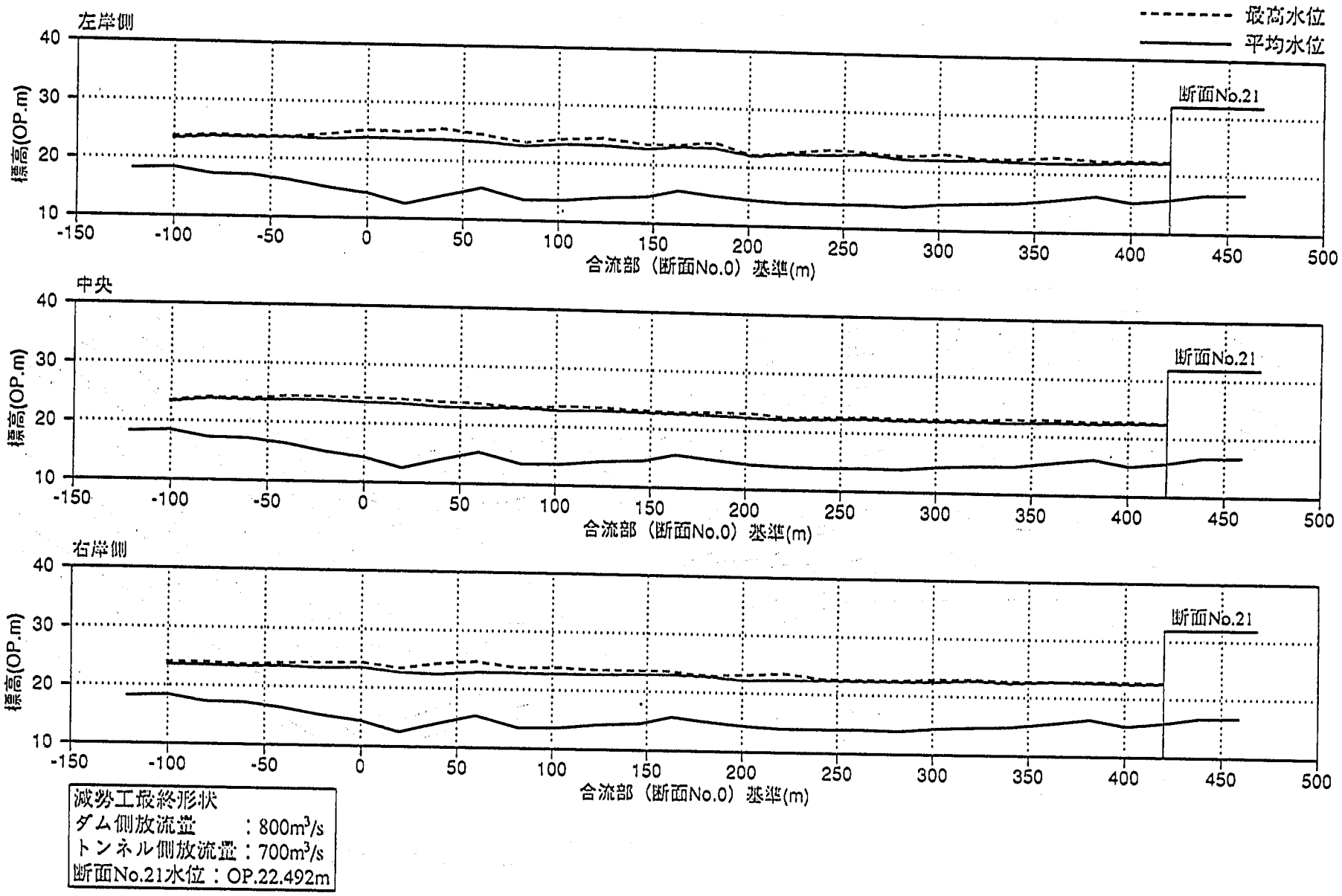
図－5.12　下流河道流況（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，断面No.21水位：O.P.22.492m）



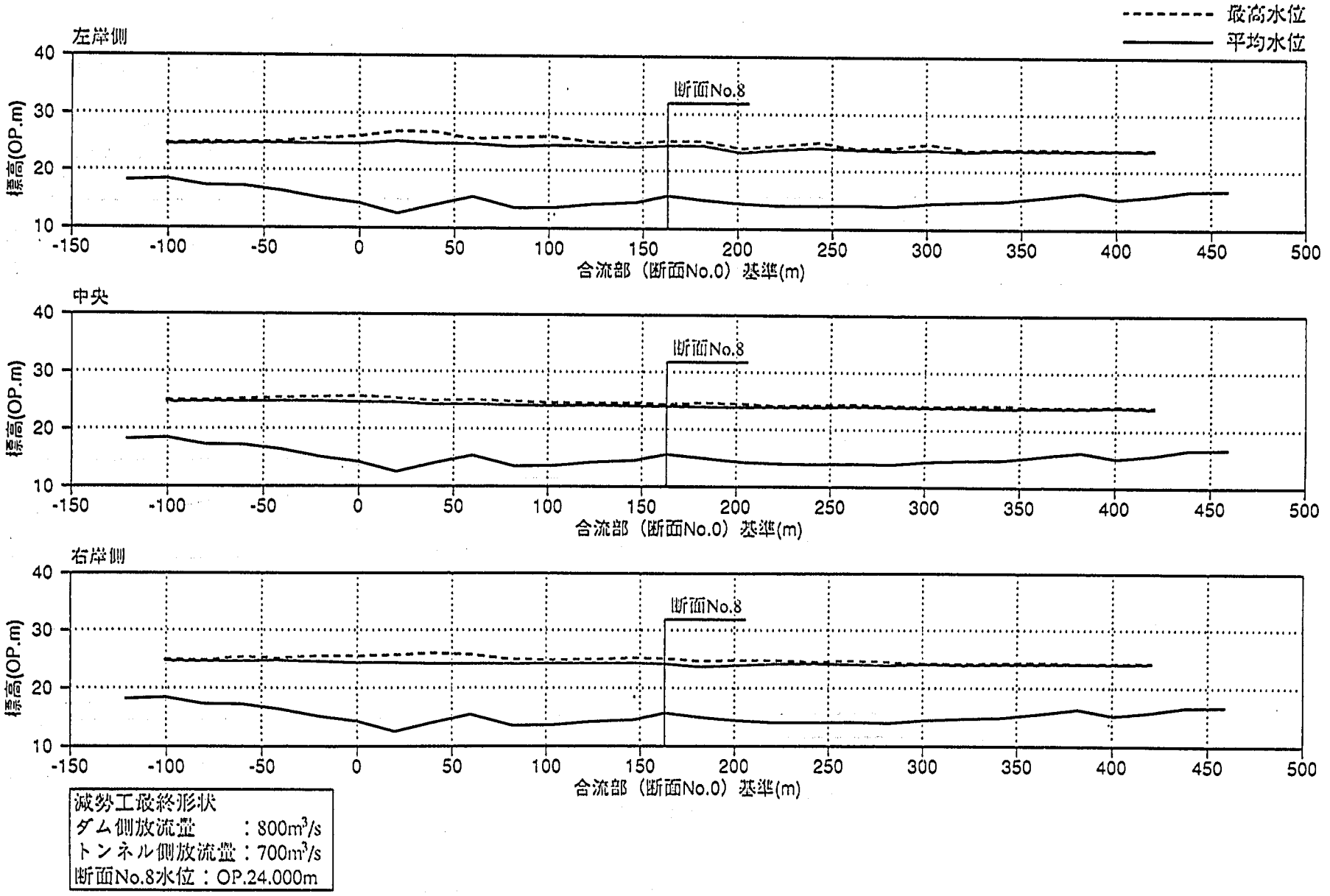
図－5.13　下流河道流況（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，断面No.8水位：O.P.24m）



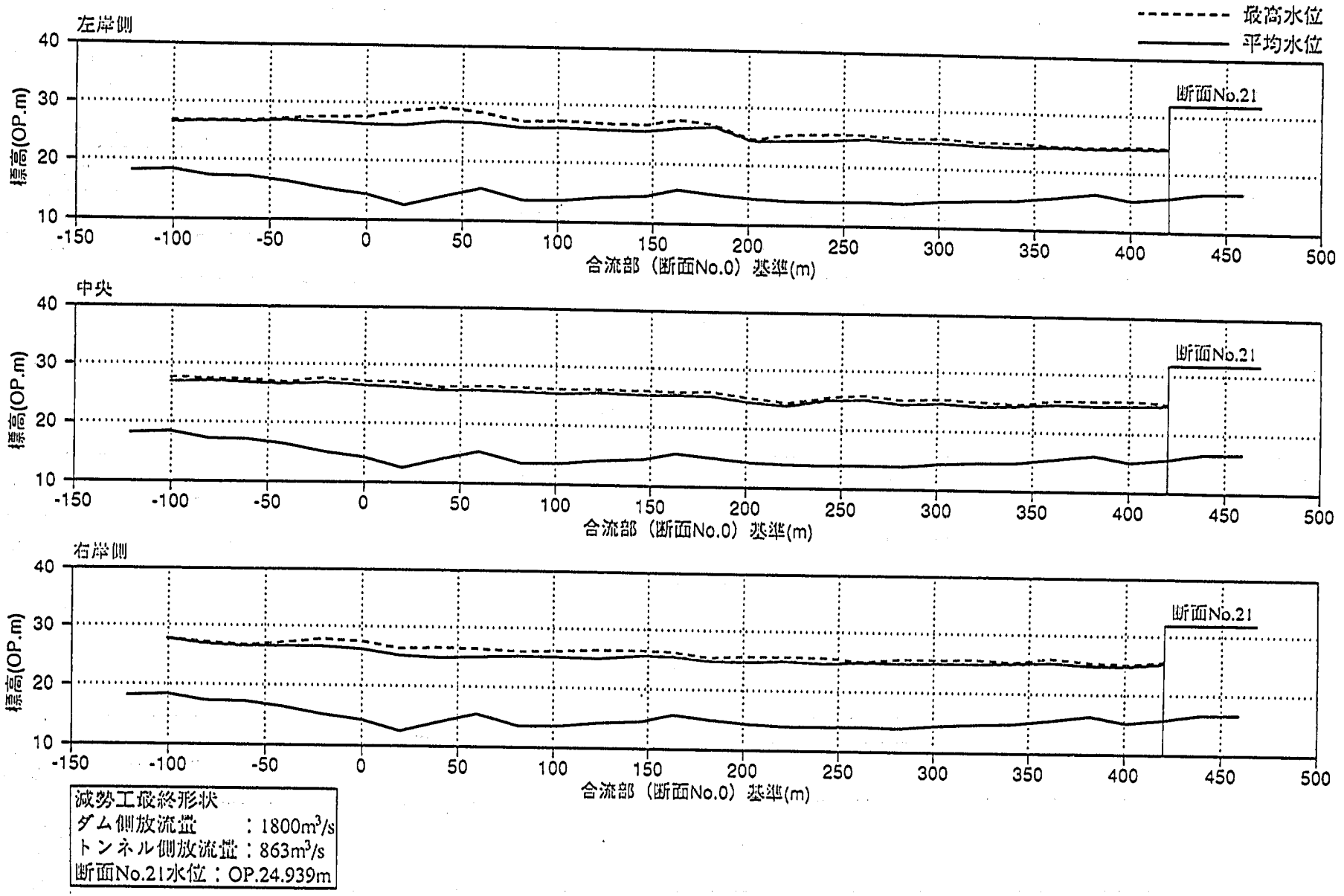
図－5.14　下流河道流況（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，断面No.21水位：O.P.24.939m）



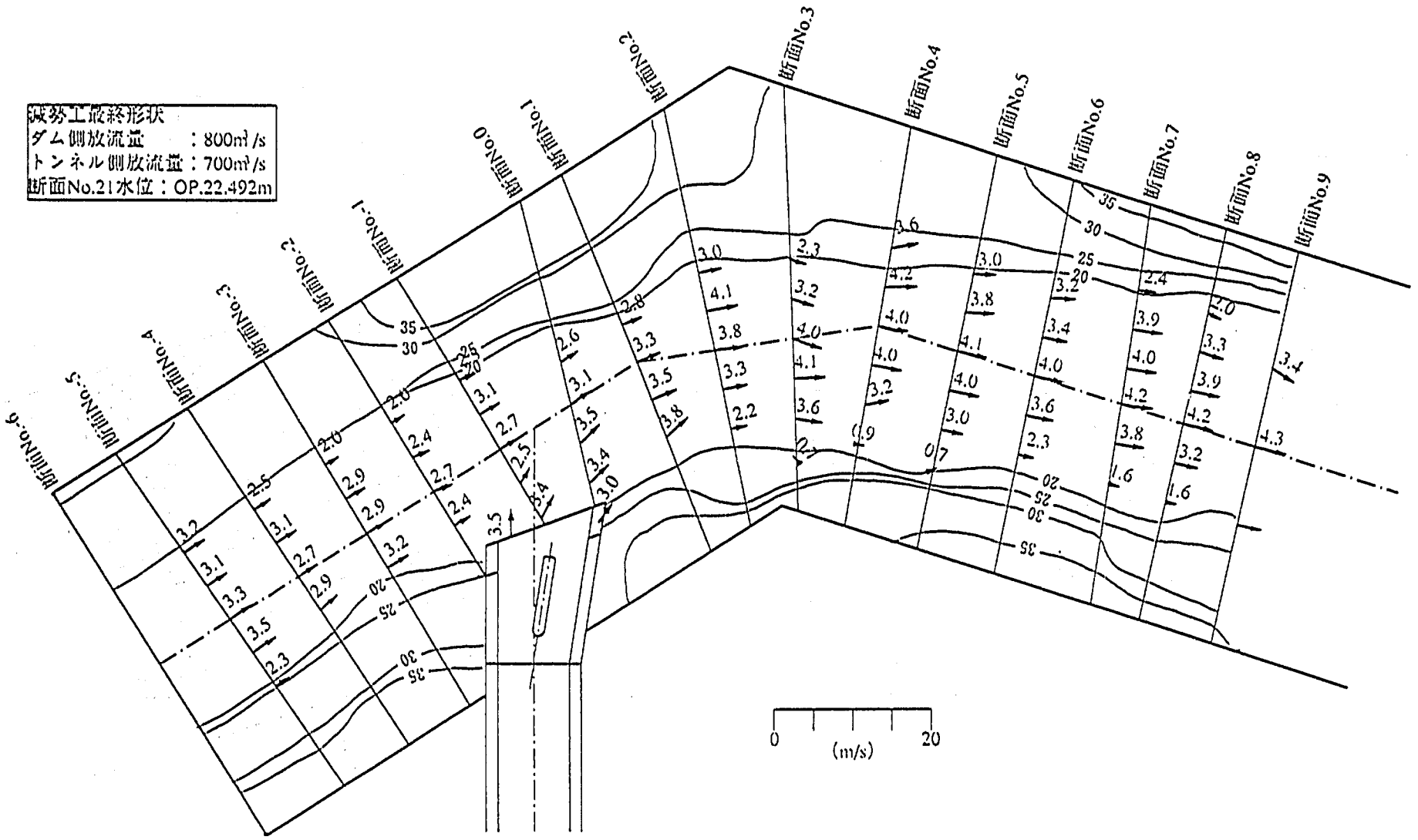
図－5.15　下流河道水面形（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，断面No.21水位：O.P.22.492m）



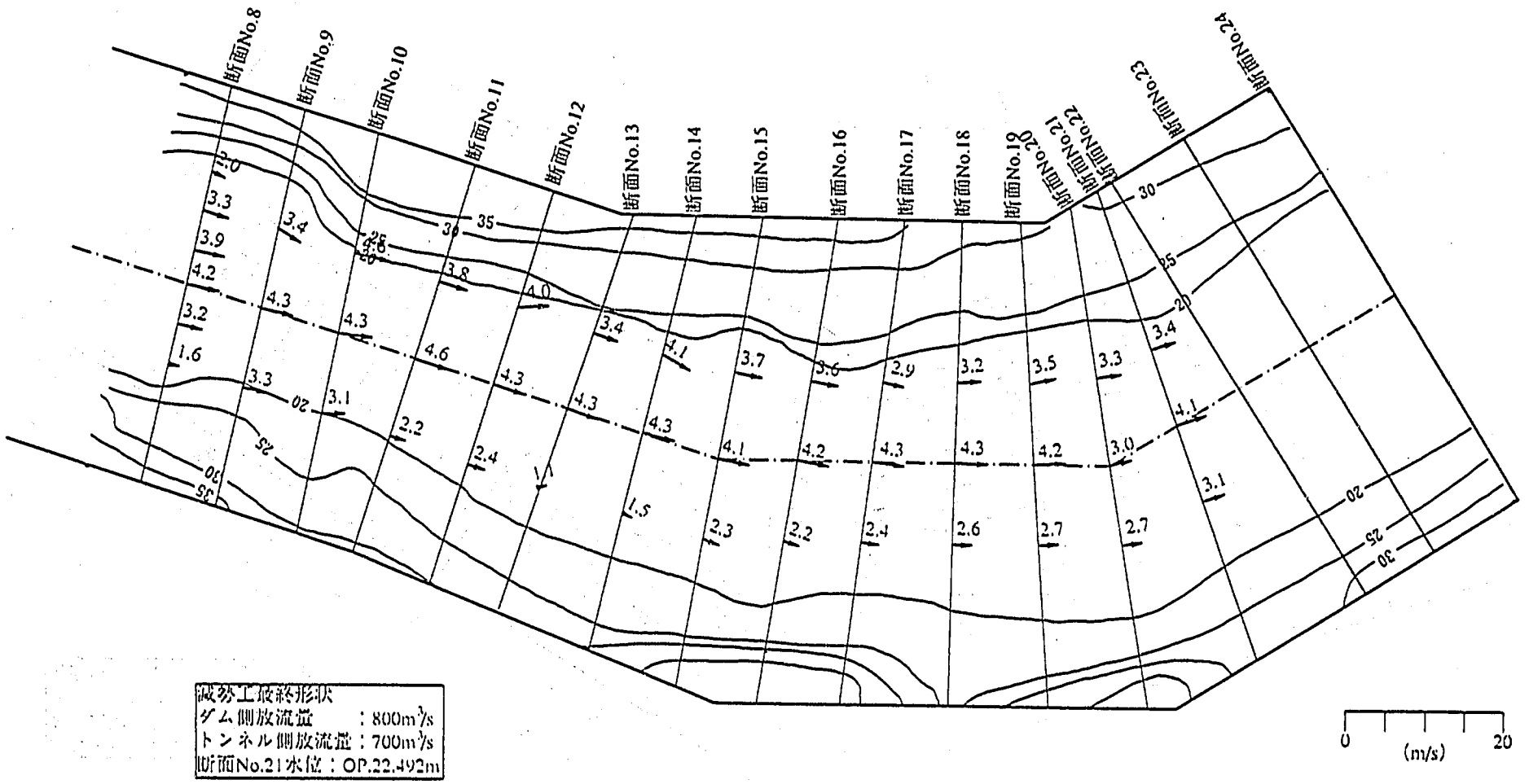
図－5.16　下流河道水面形（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，断面No.8水位：O.P.24m）



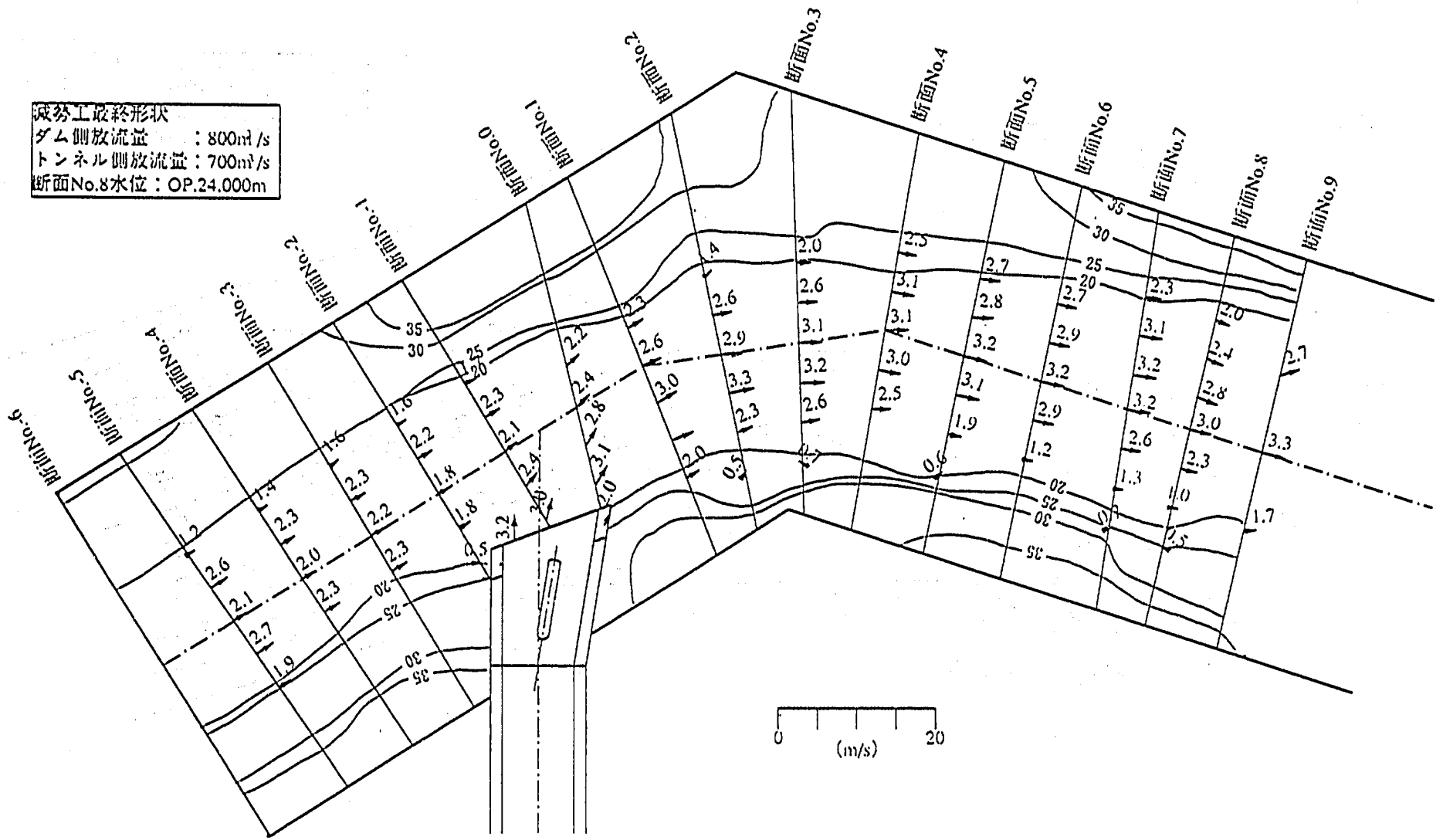
図－5.17　下流河道水面形（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，断面No.21水位：O.P.24.939m）



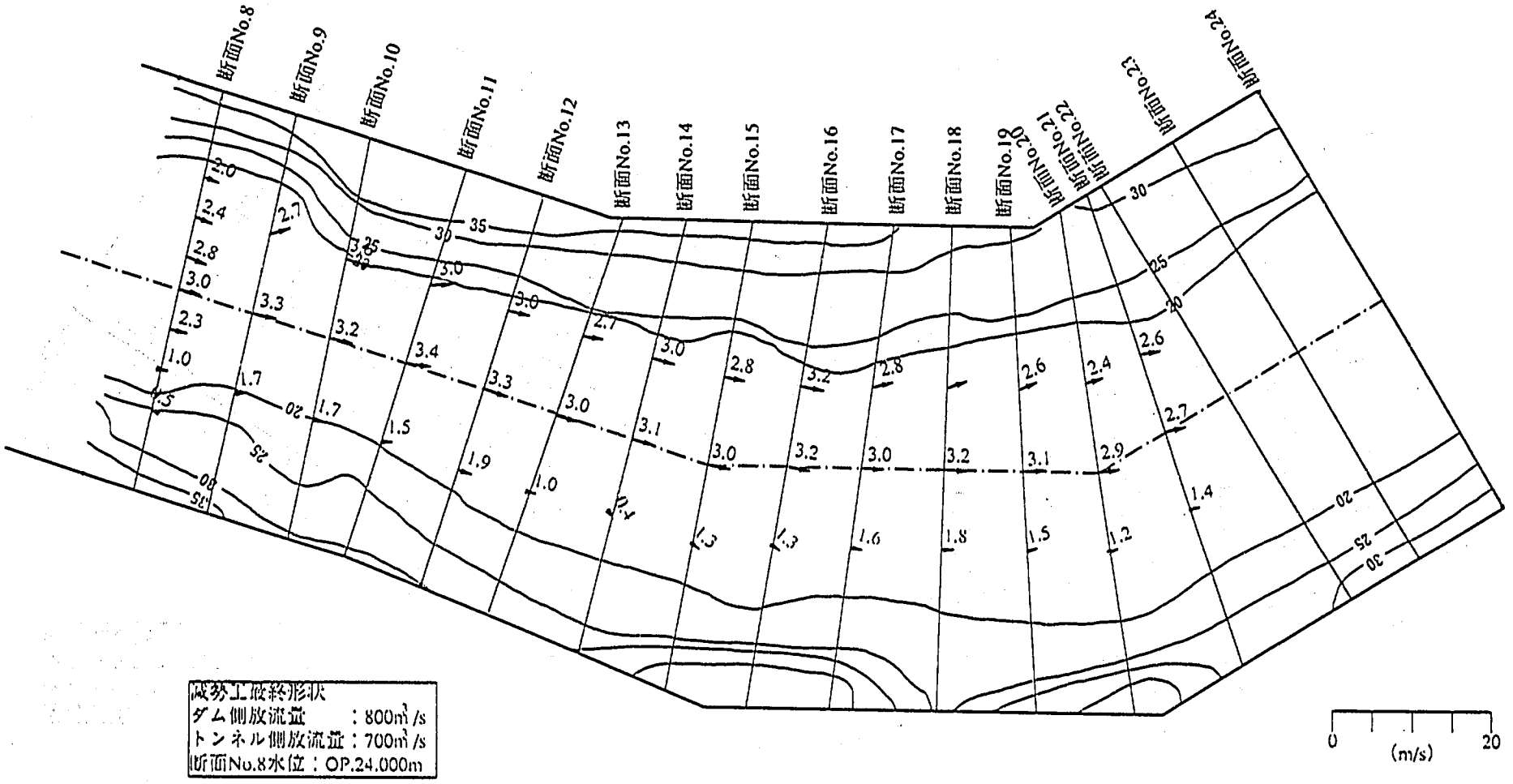
図－5.18　下流河道流速分布a（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s；断面No.21水位：O.P.22.492m）



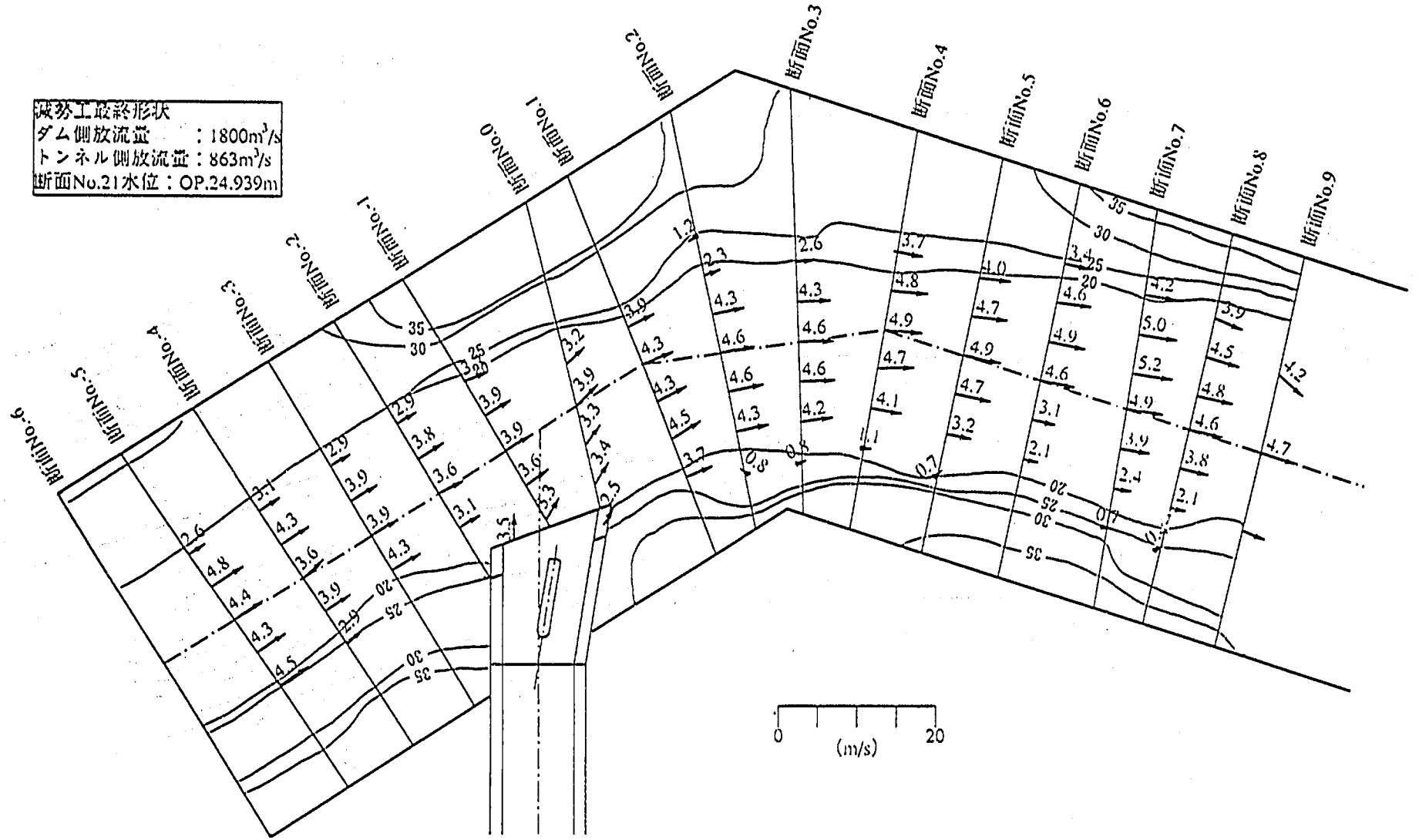
図－5.19　下流河道流速分布b（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，断面No.21水位：O.P.22.492m）



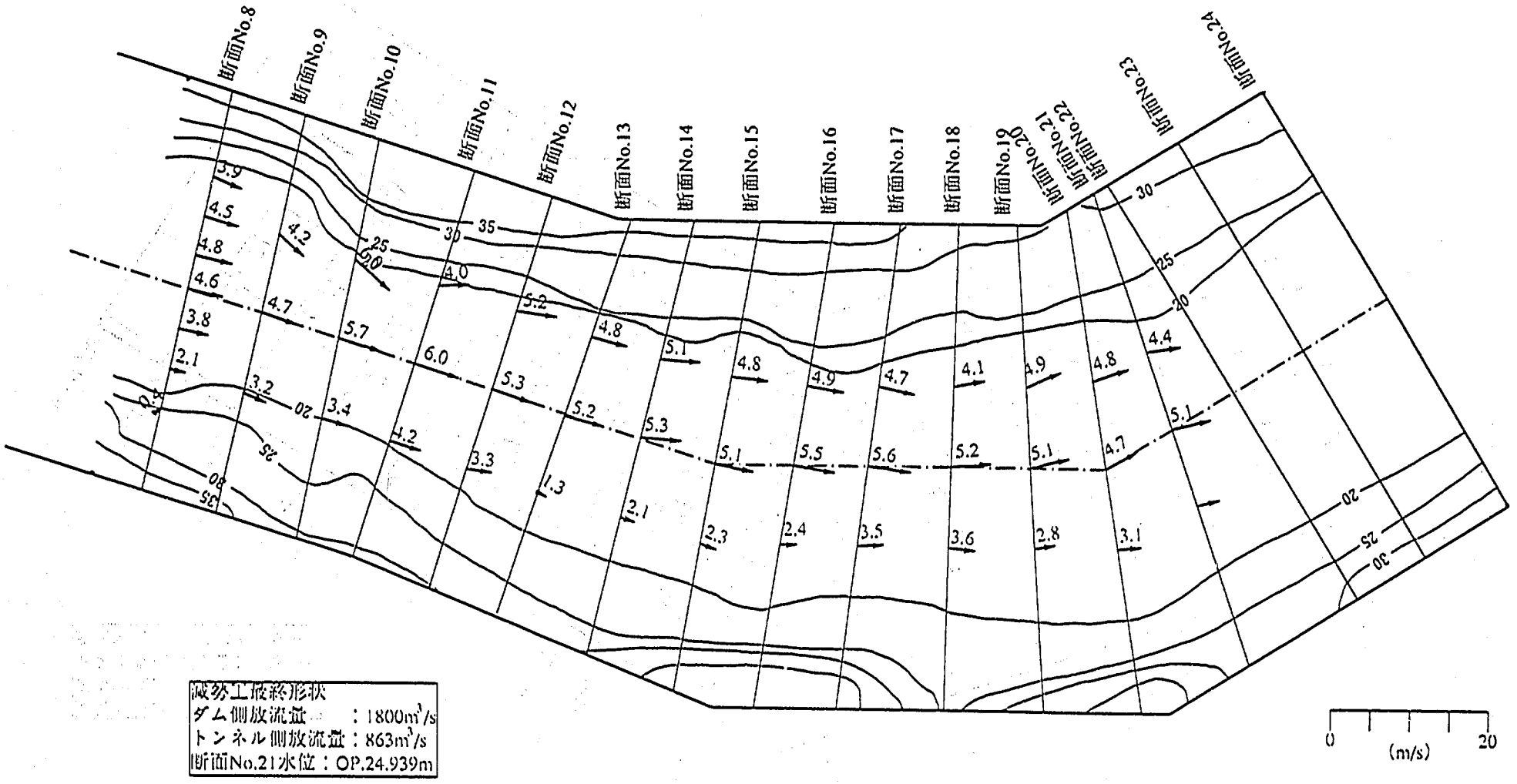
図－5.20　下流河道流速分布e（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，断面No.8水位：O.P.24m）



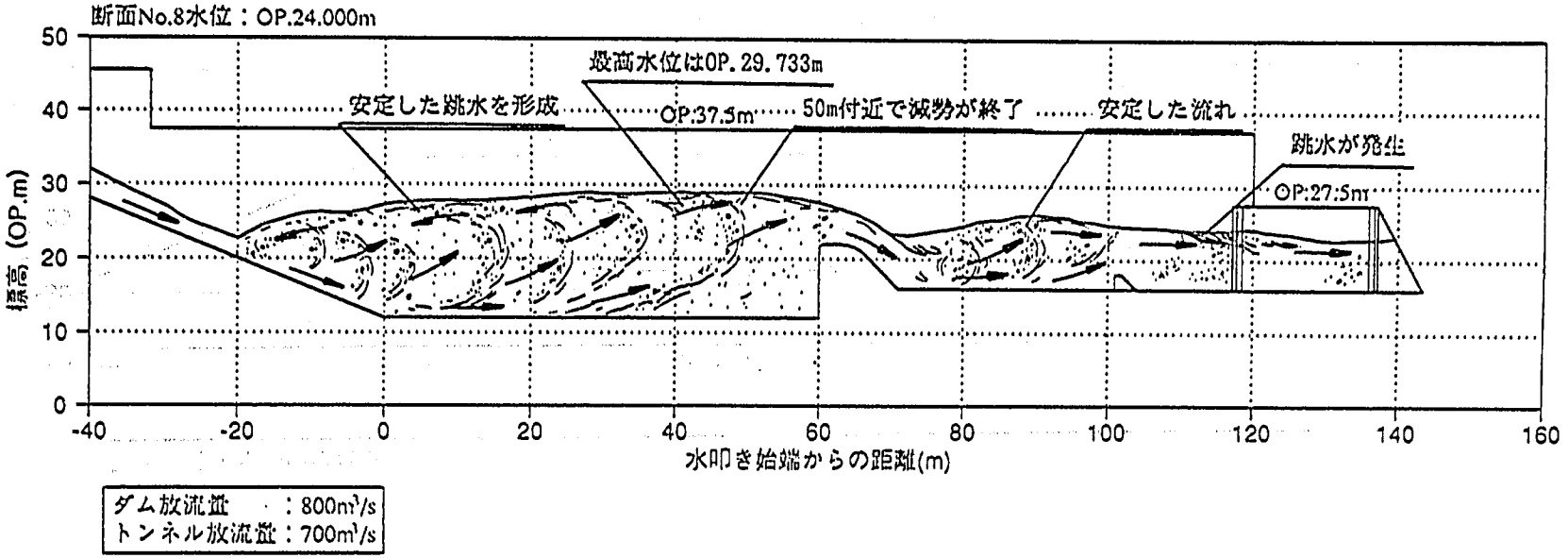
図－5.21　下流河道流速分布b（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，断面No.8水位：O.P.24m）



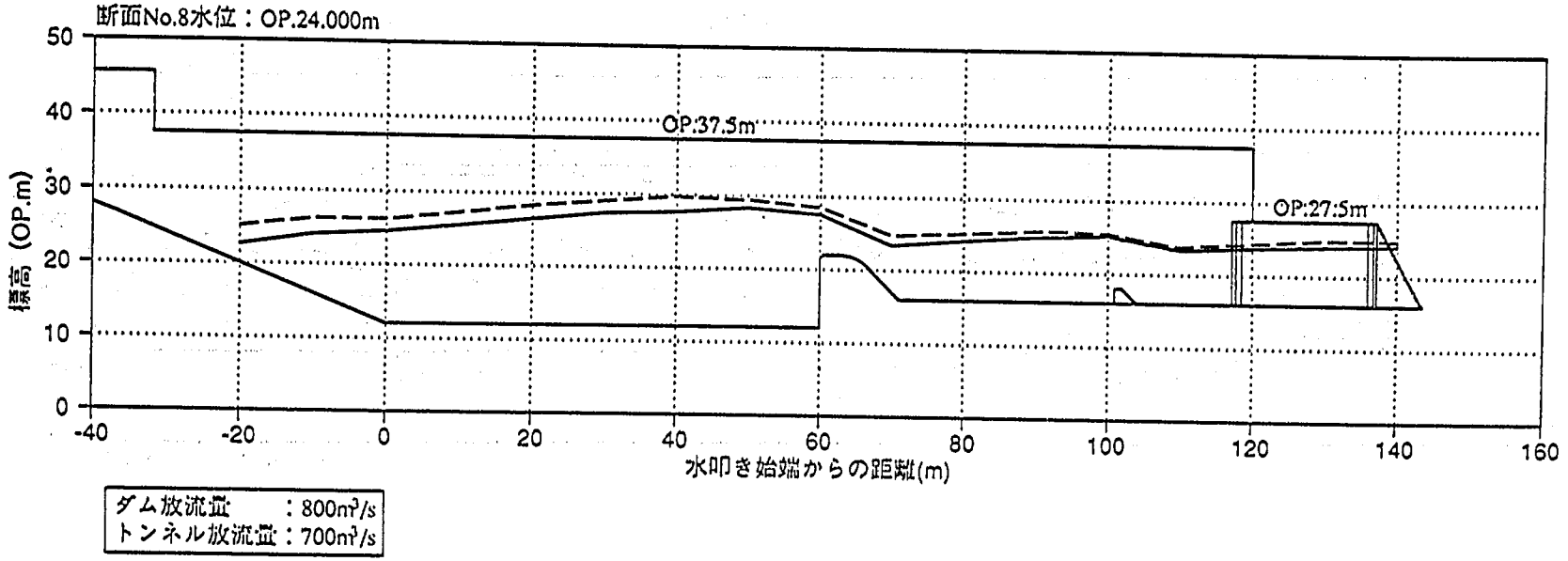
図－5.22　下流河道流速分布a（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，断面No.21水位：O.P.24.939m）



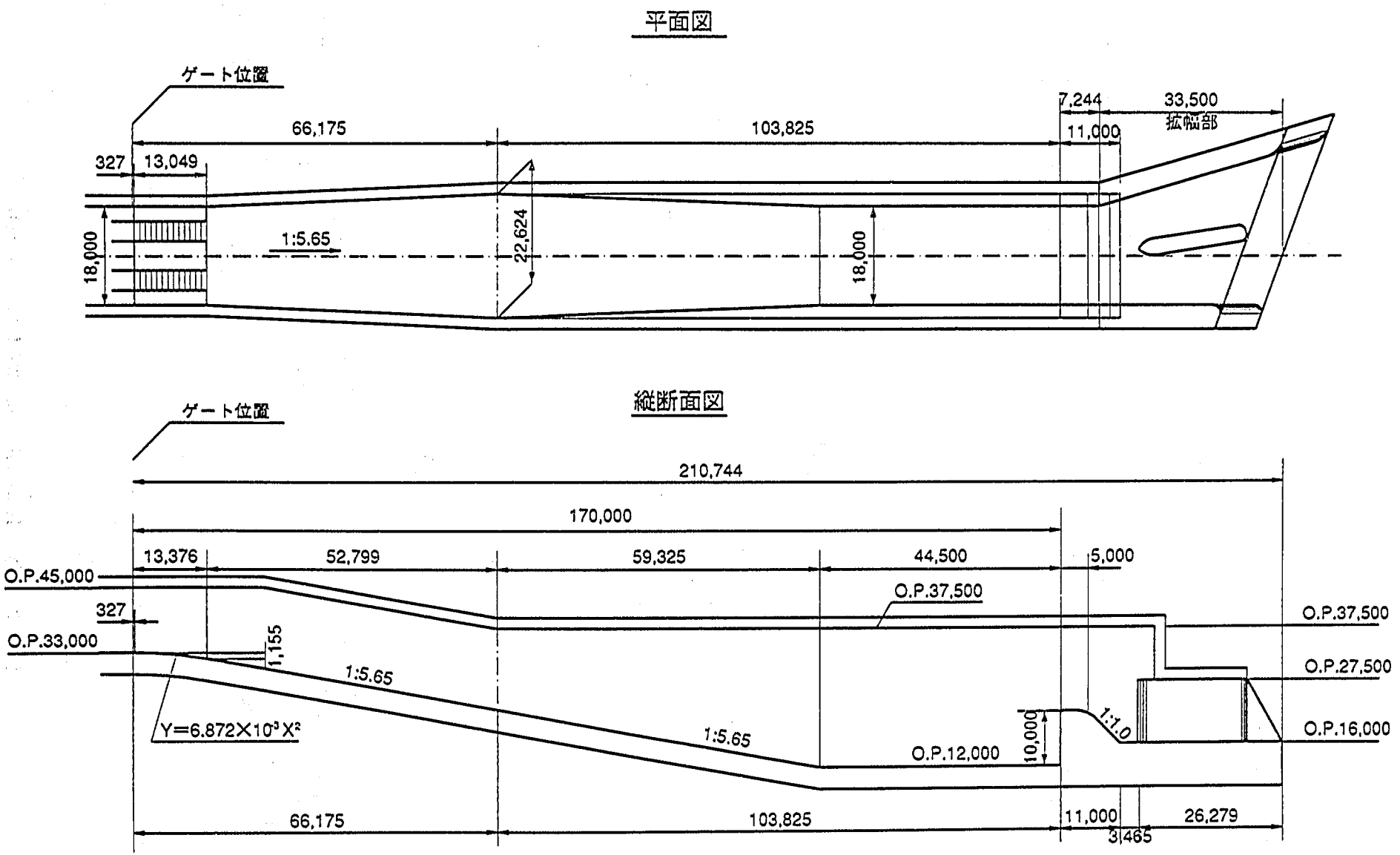
図－5.23　下流河道流速分布b（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，断面No.21水位：O.P.24.939m）



図－5.24　減勢工流況（原案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m）



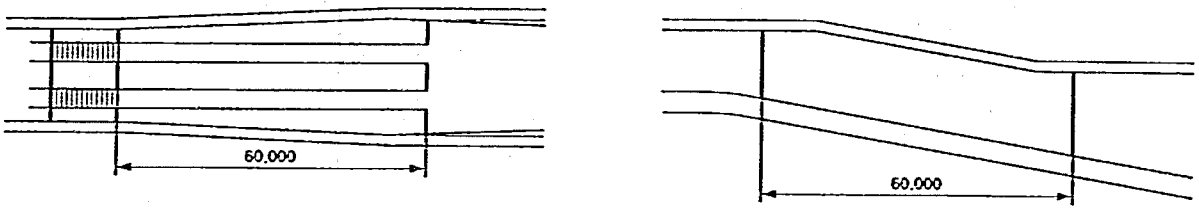
図－5.25　減勢工水面形状（原案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m）



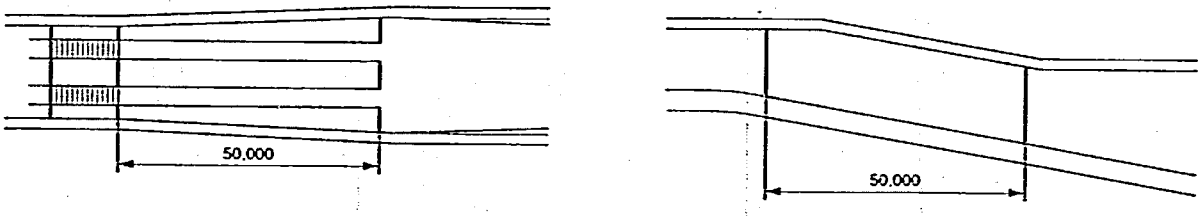
図－5.26　減勢工部形状図（比較案C１１，Type1）

・分離壁長の検討

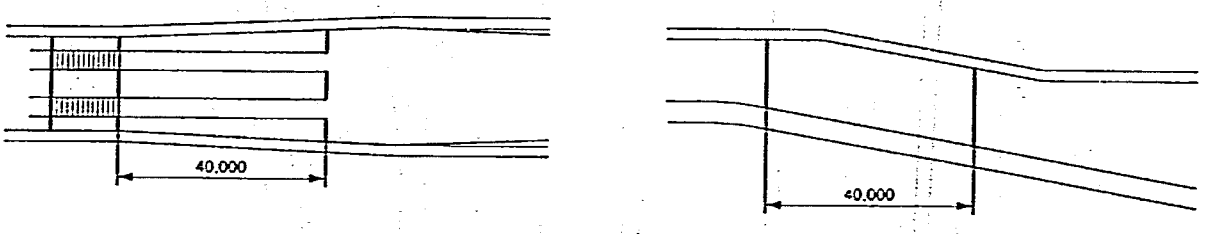
TYPE 2



TYPE 3



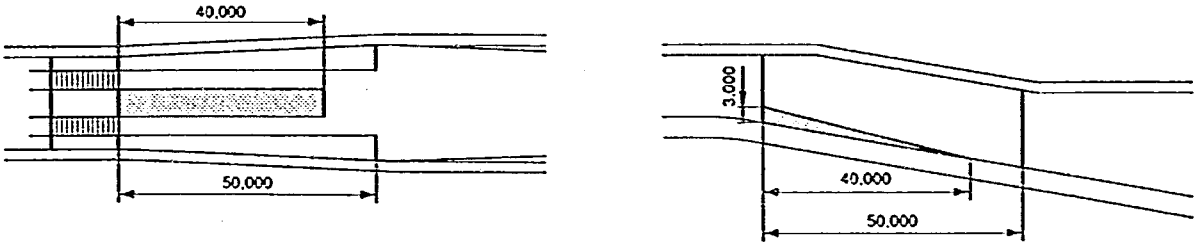
TYPE 4



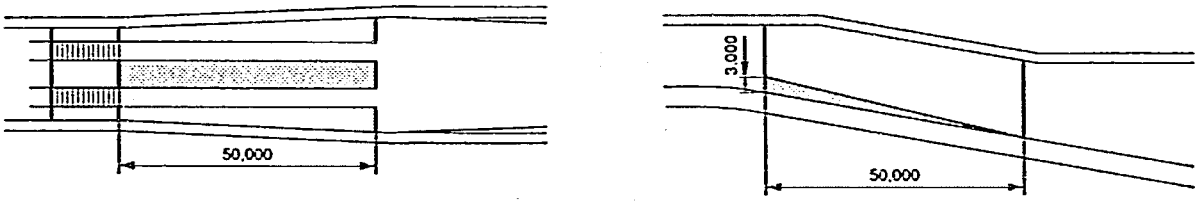
図－5.27　減勢工比較検討図（比較案C１１，Type2～4）

・シュート部（デフレクタ）の検討

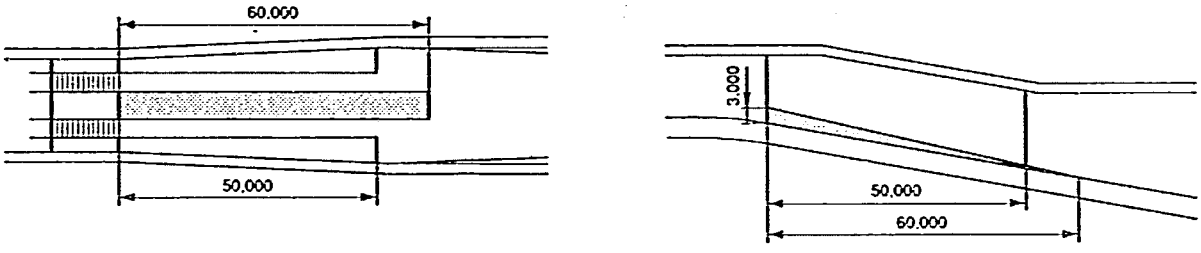
TYPE 5



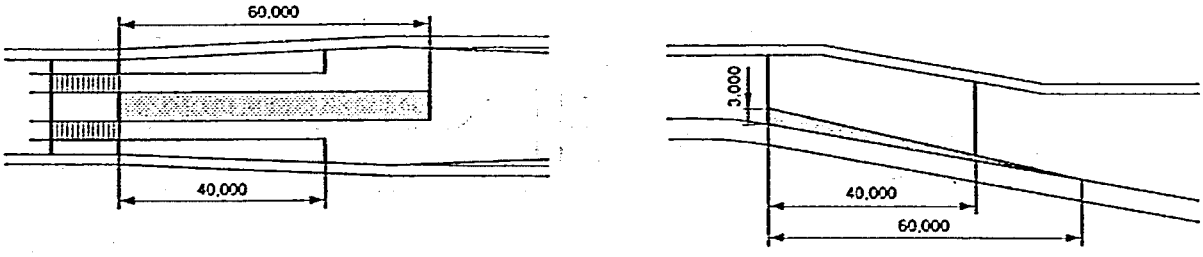
TYPE 6



TYPE 7

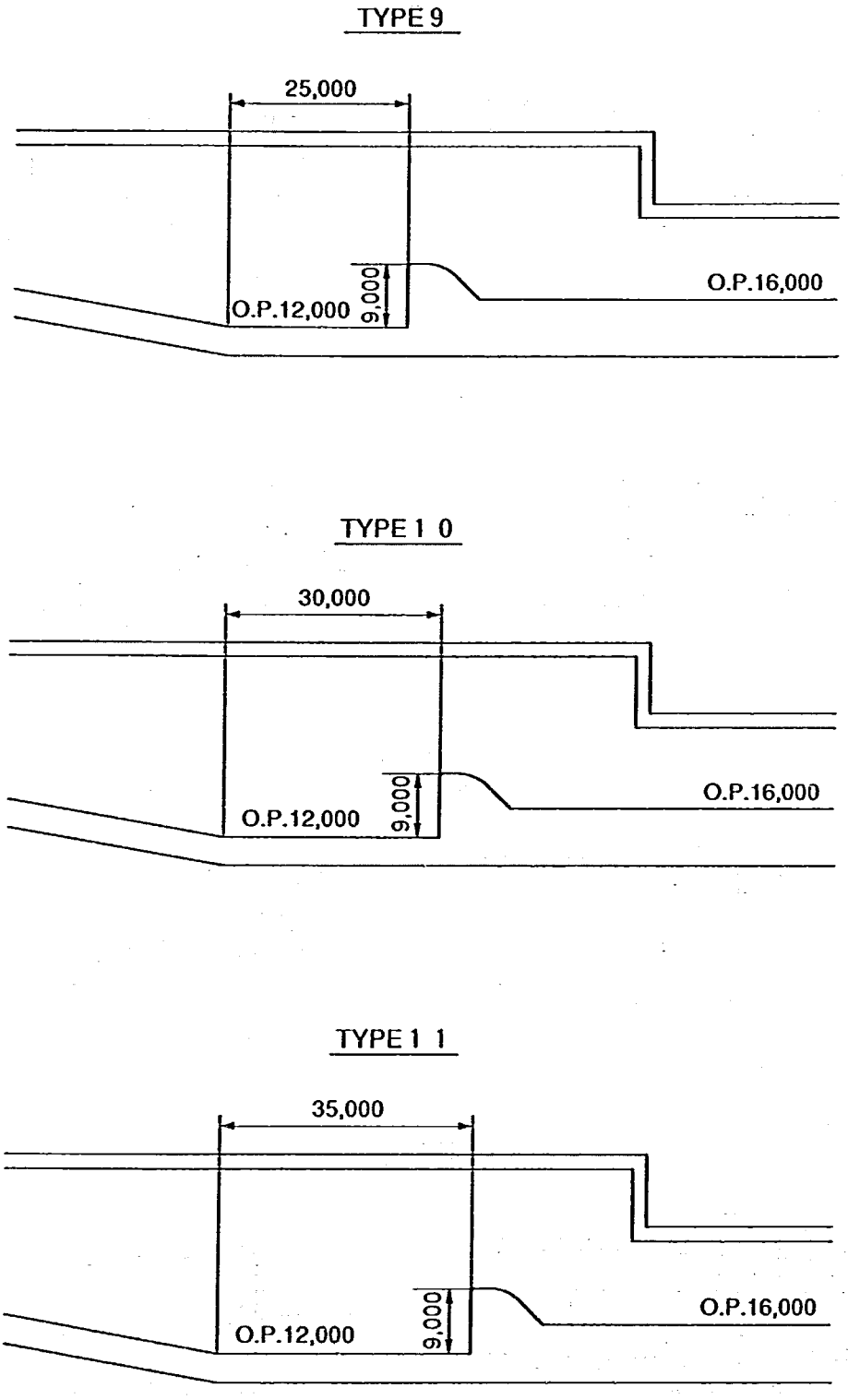


TYPE 8



図－5.28　減勢工比較検討図（比較案C１１，Type5～8）

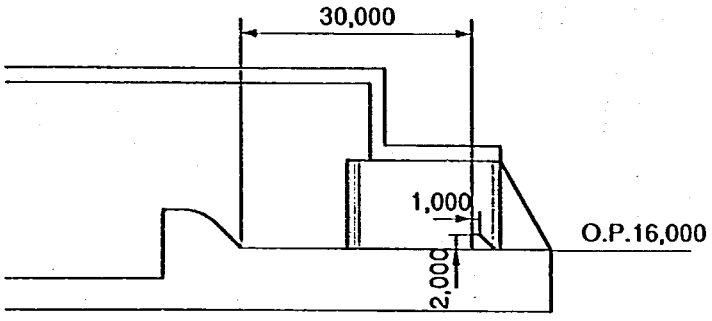
・減勢工の検討



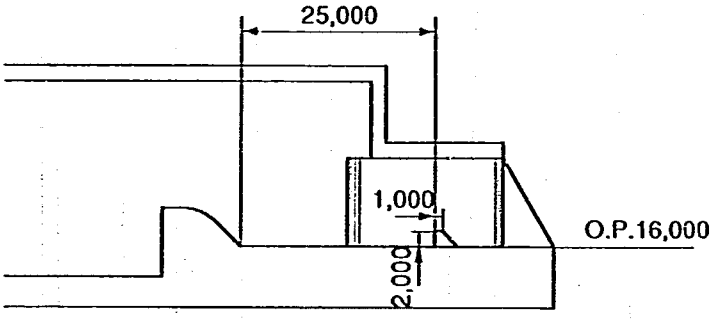
図－5.29　減勢工比較検討図（比較案C 1 1，Type9～11）

・副ダム減勢工の検討

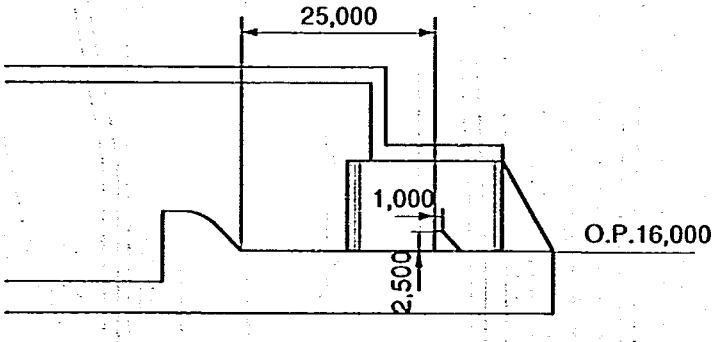
TYPE 1 2



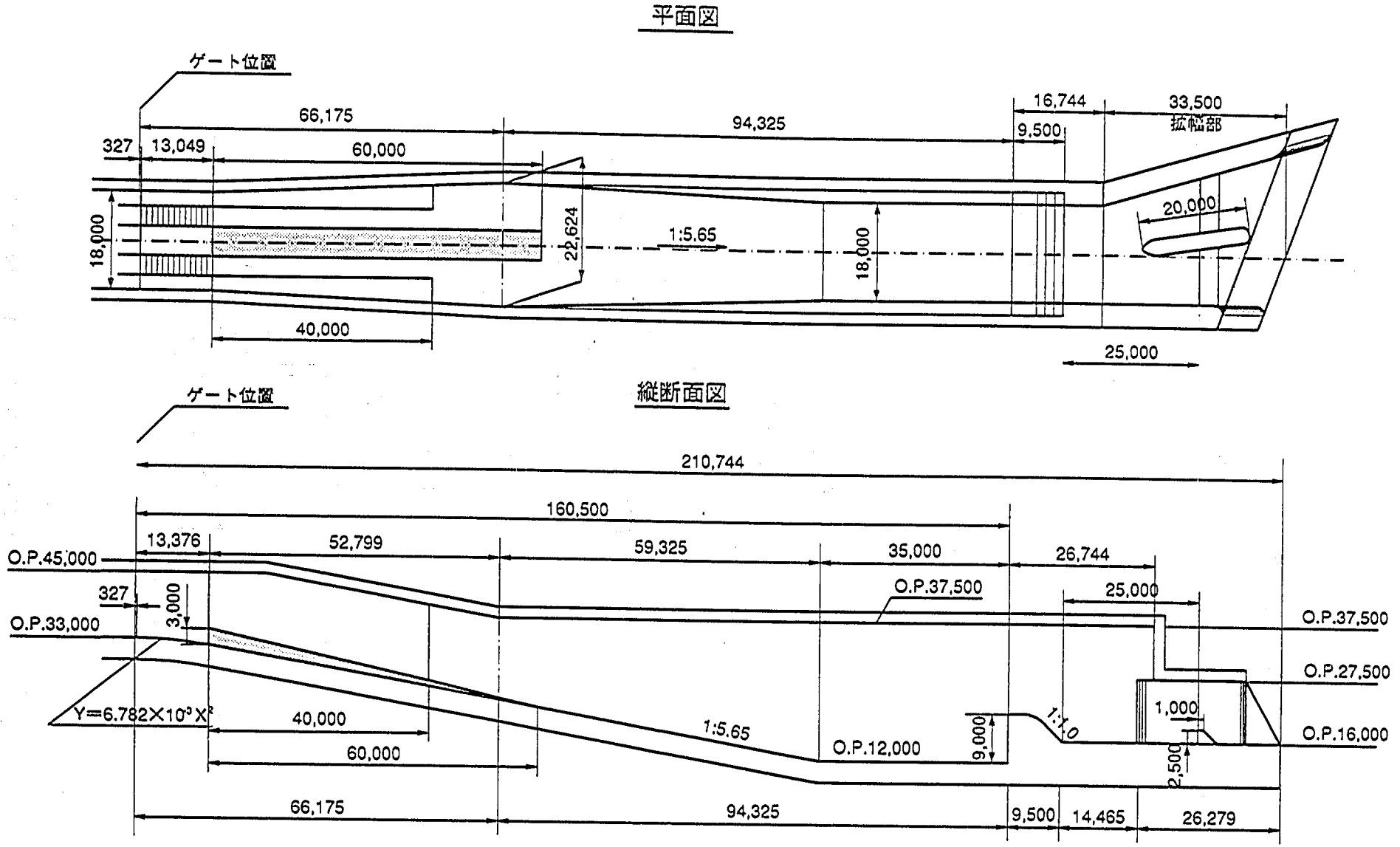
TYPE 1 3



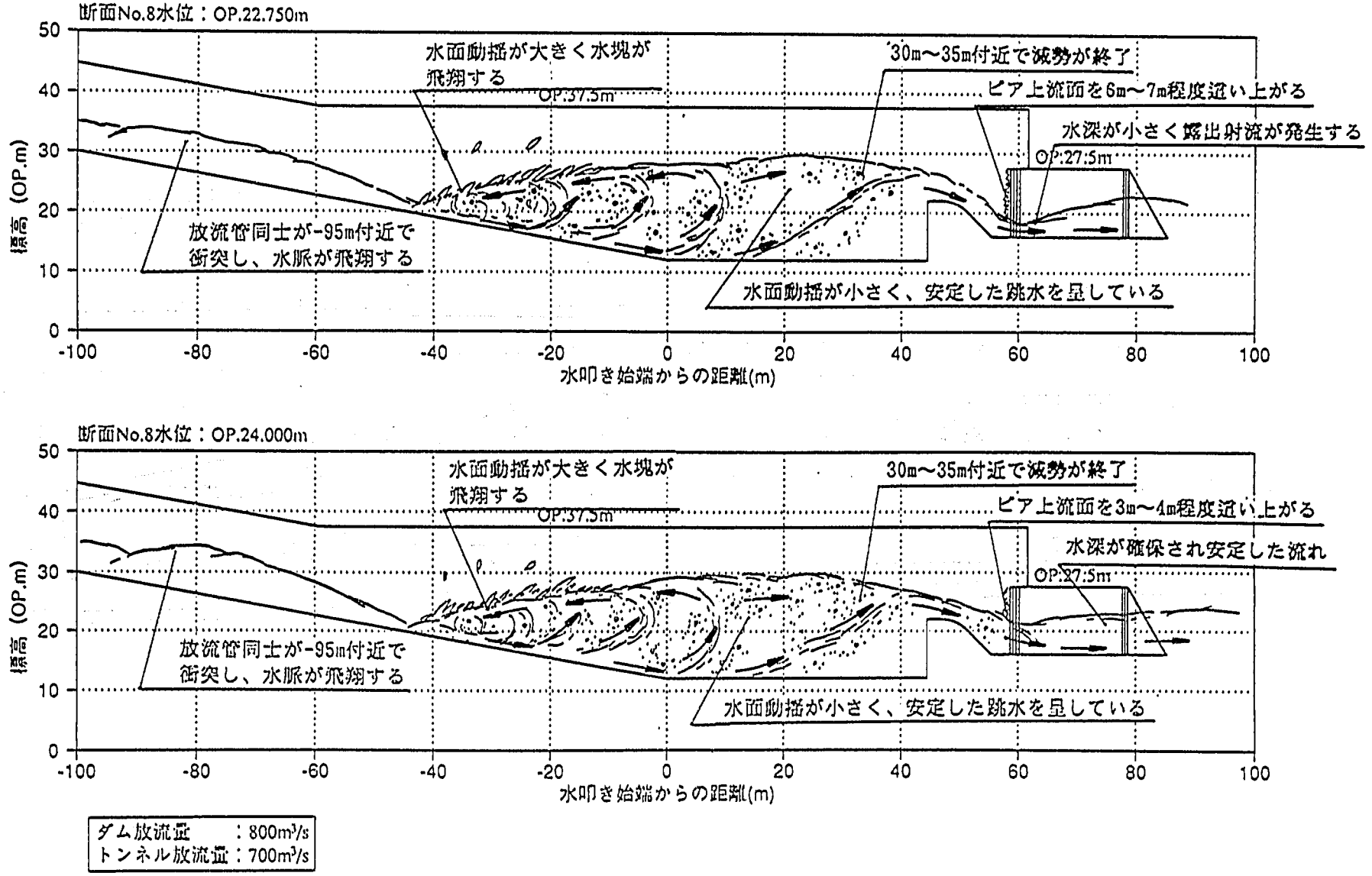
TYPE 1 4



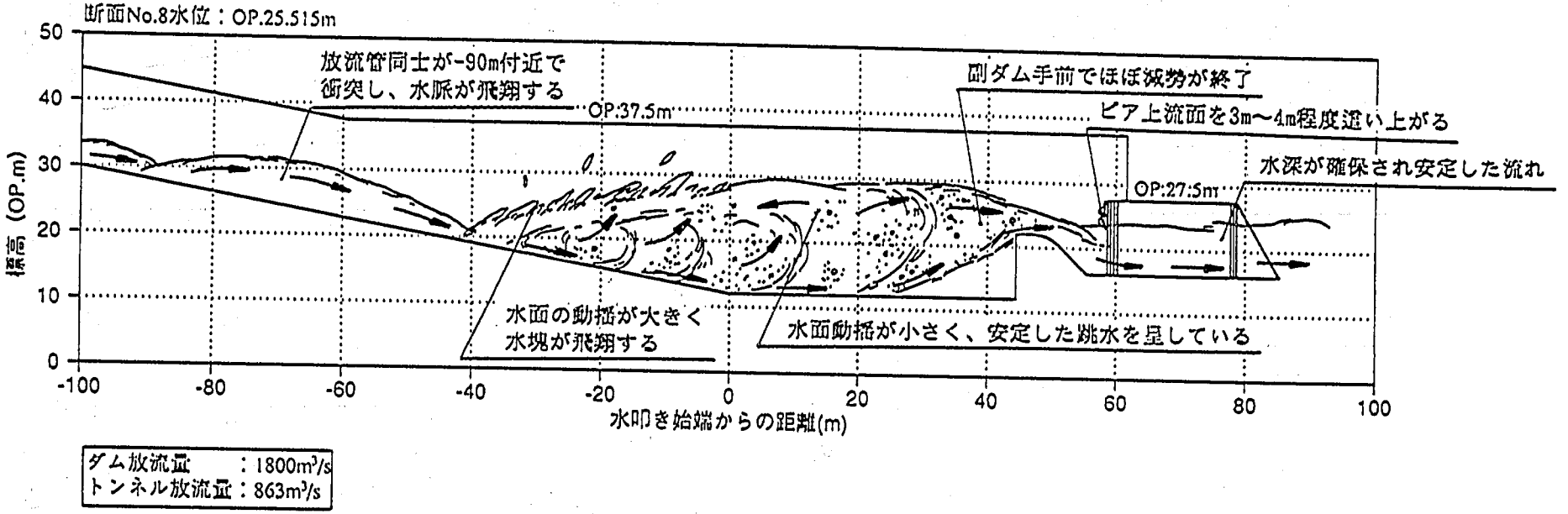
図－5.30　減勢工比較検討図（比較案C 1 1，Type12～14）



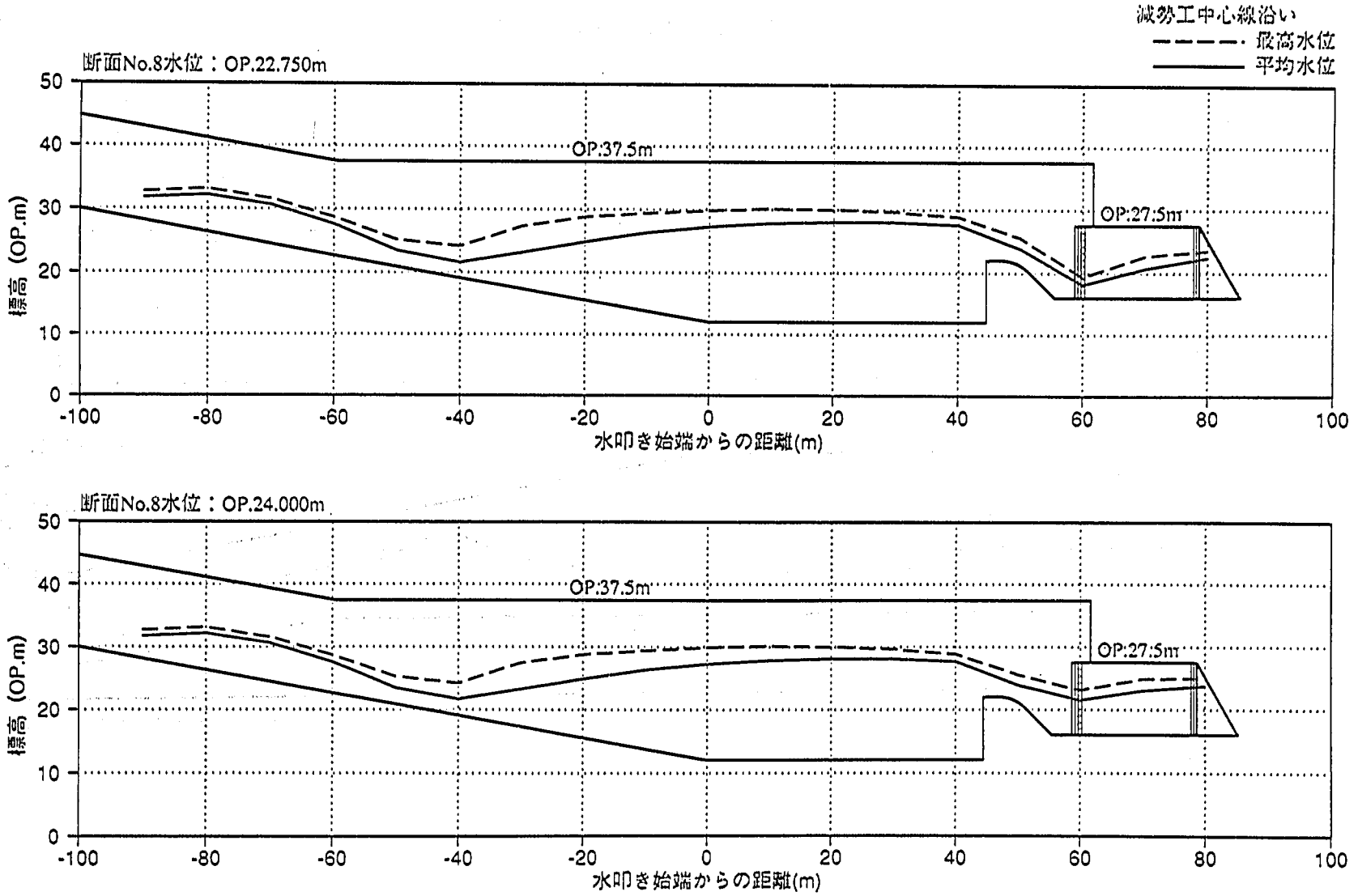
図－5.31　減勢工部形状図（比較案C１１，最終案）



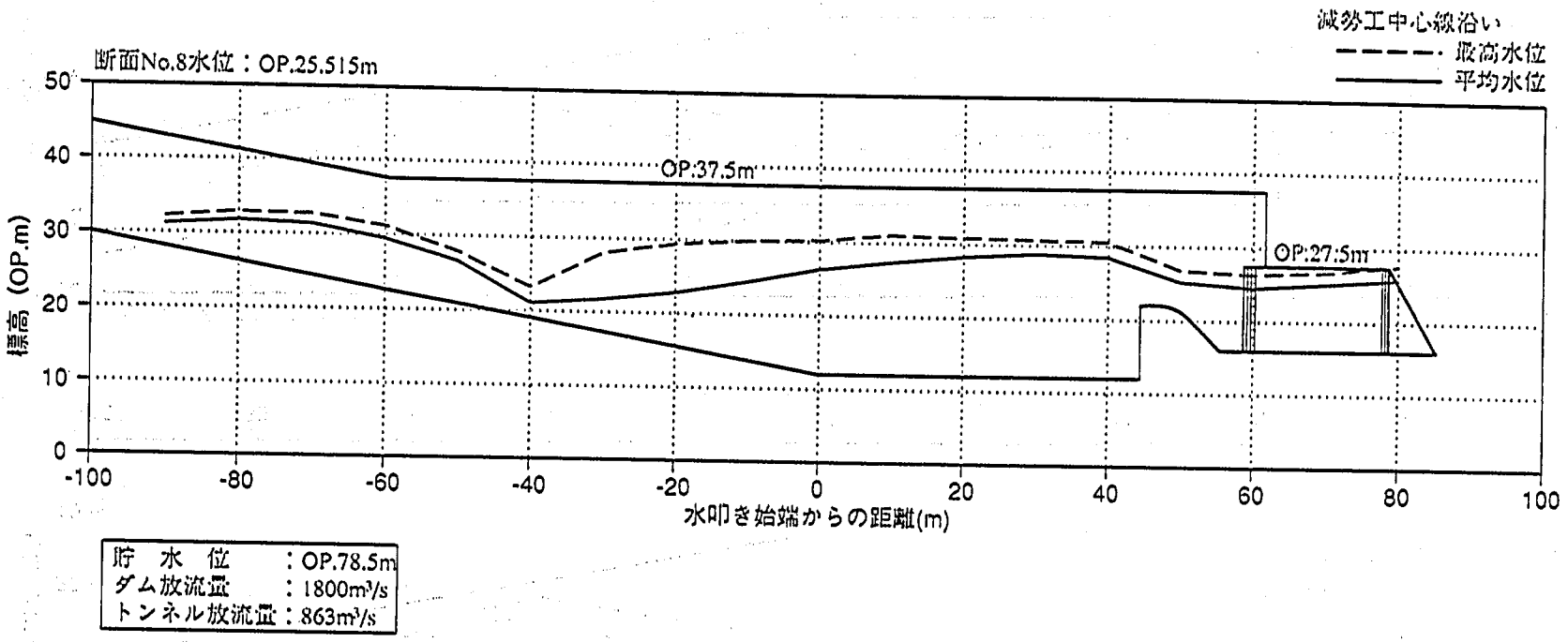
図－5.32　減勢工・副ダム減勢工流況a（比較案C１１，Type1）



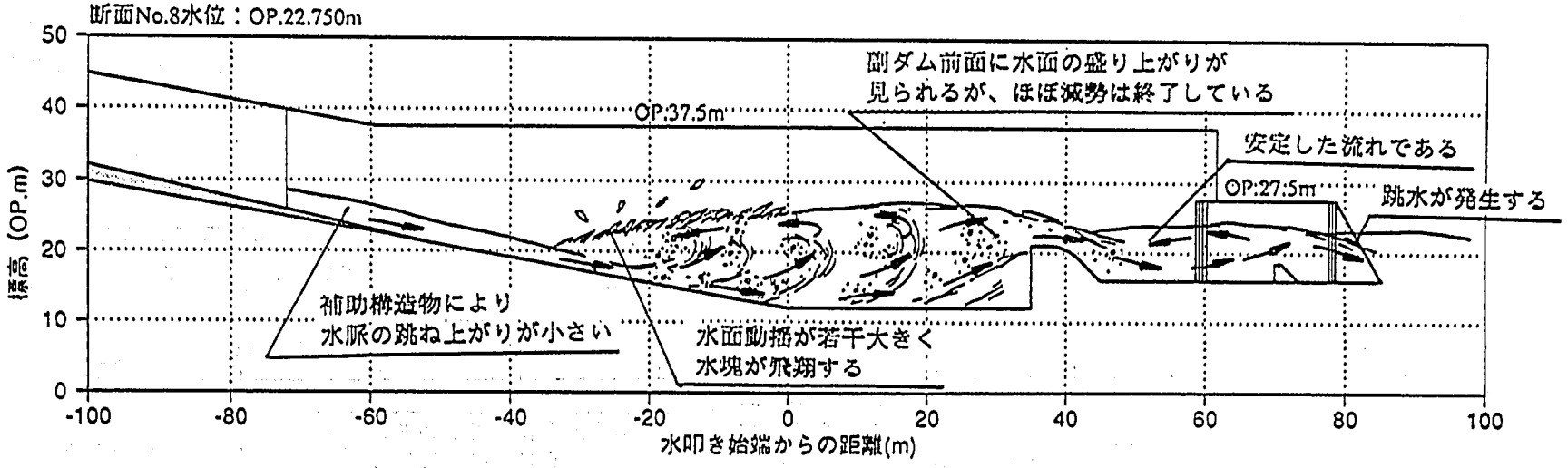
図－5.33　減勢工・副ダム減勢工流況b（比較案C１１，Type1）

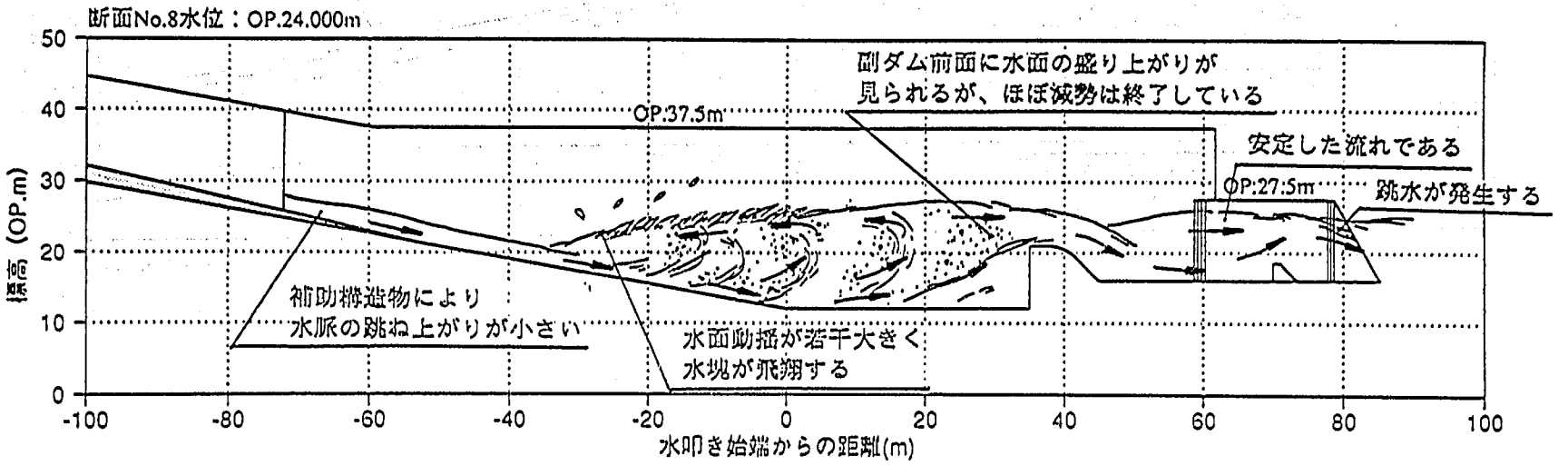


図－5.34 減勢工・副ダム減勢工水面形a（比較案C１１．Type1）



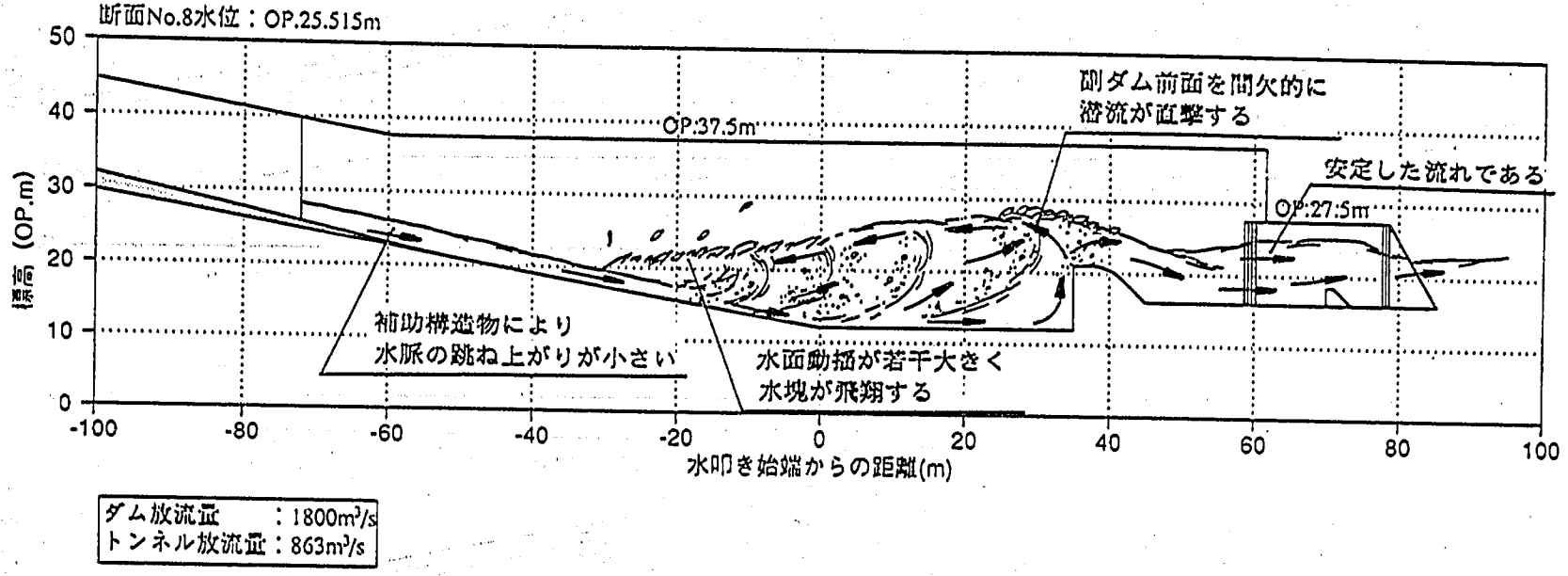
図－5.35　減勢工・副ダム減勢工水面形b（比較案C１１，Type1）



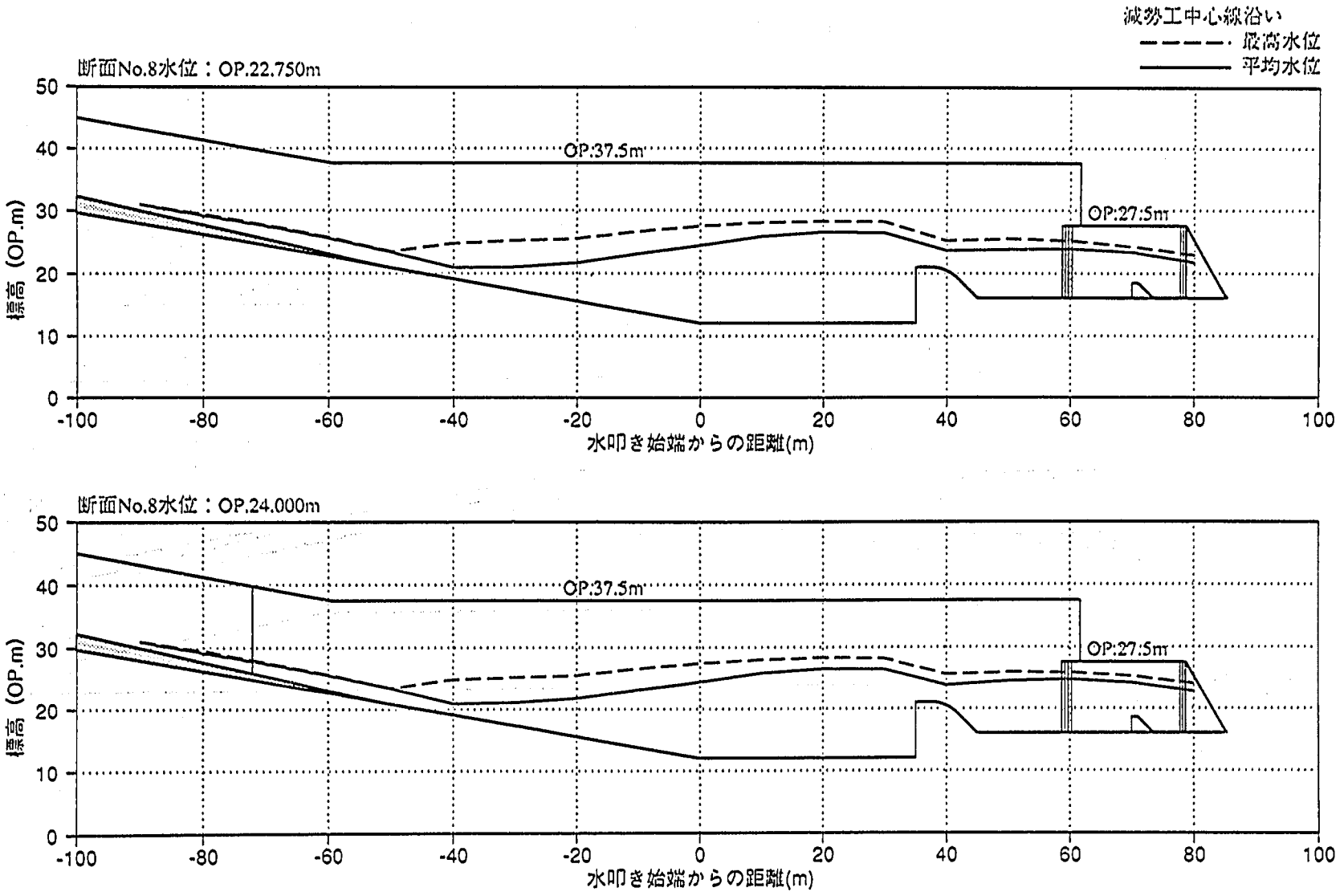


ダム放流量　　：800m³/s
トンネル放流量：700m³/s

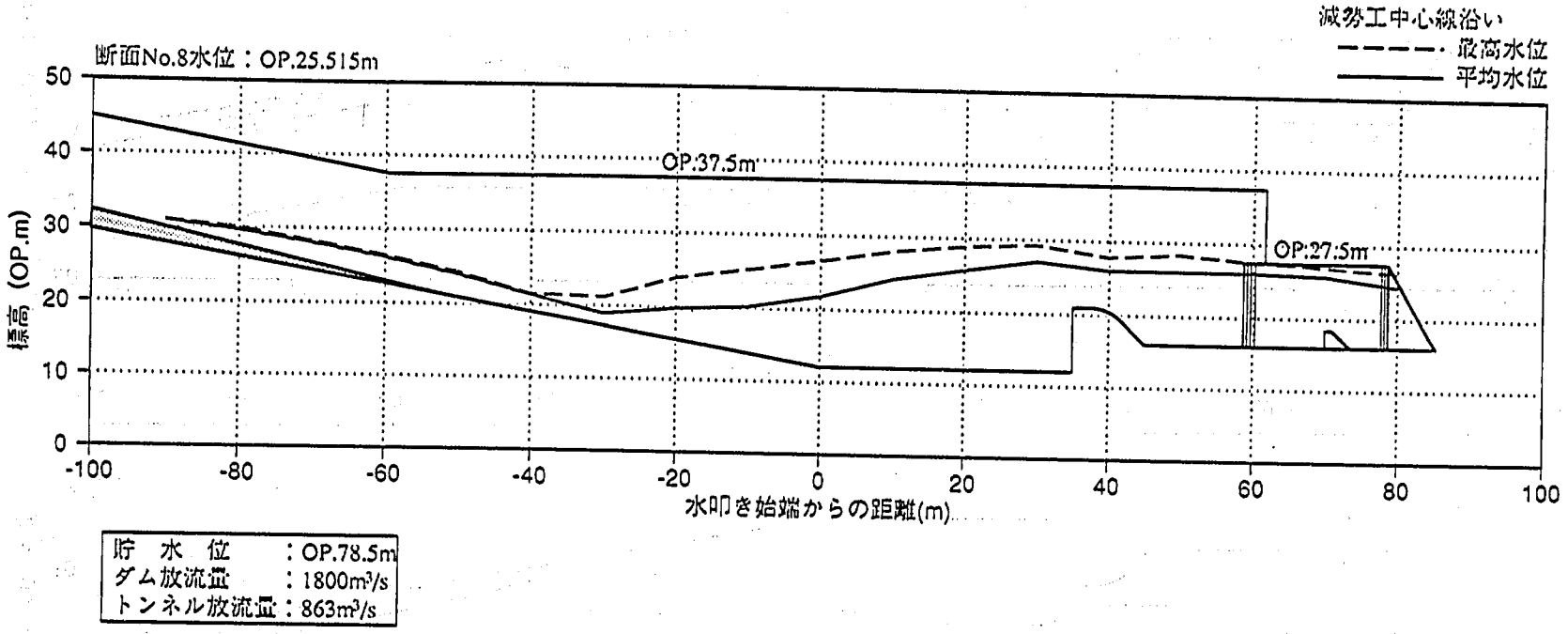
図－5.36　減勢工・副ダム減勢工流況a（比較案C１１．最終案）



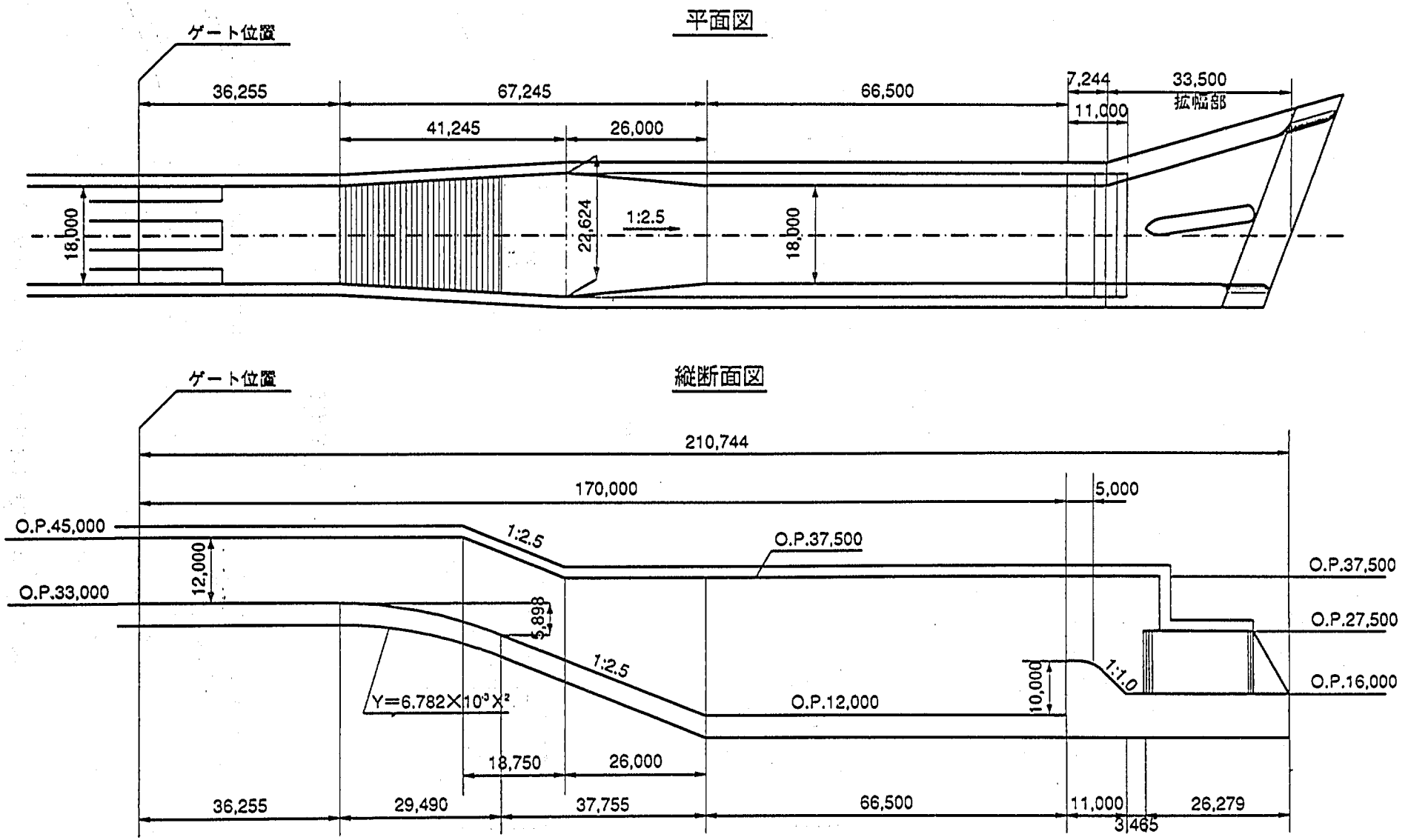
図－5.37　減勢工・副ダム減勢工流況b（比較案C１１，最終案）



図－5.38　減勢工・副ダム減勢工水面形a（比較案C１１，最終案）



図－5.39　減勢工・副ダム減勢工水面形b（比較案C１１，最終案）



図－5.40　減勢工部形状図（比較案C１２，Type1）

・シュート部（デフレクタ）の検討

TYPE 2



TYPE 3



TYPE 4

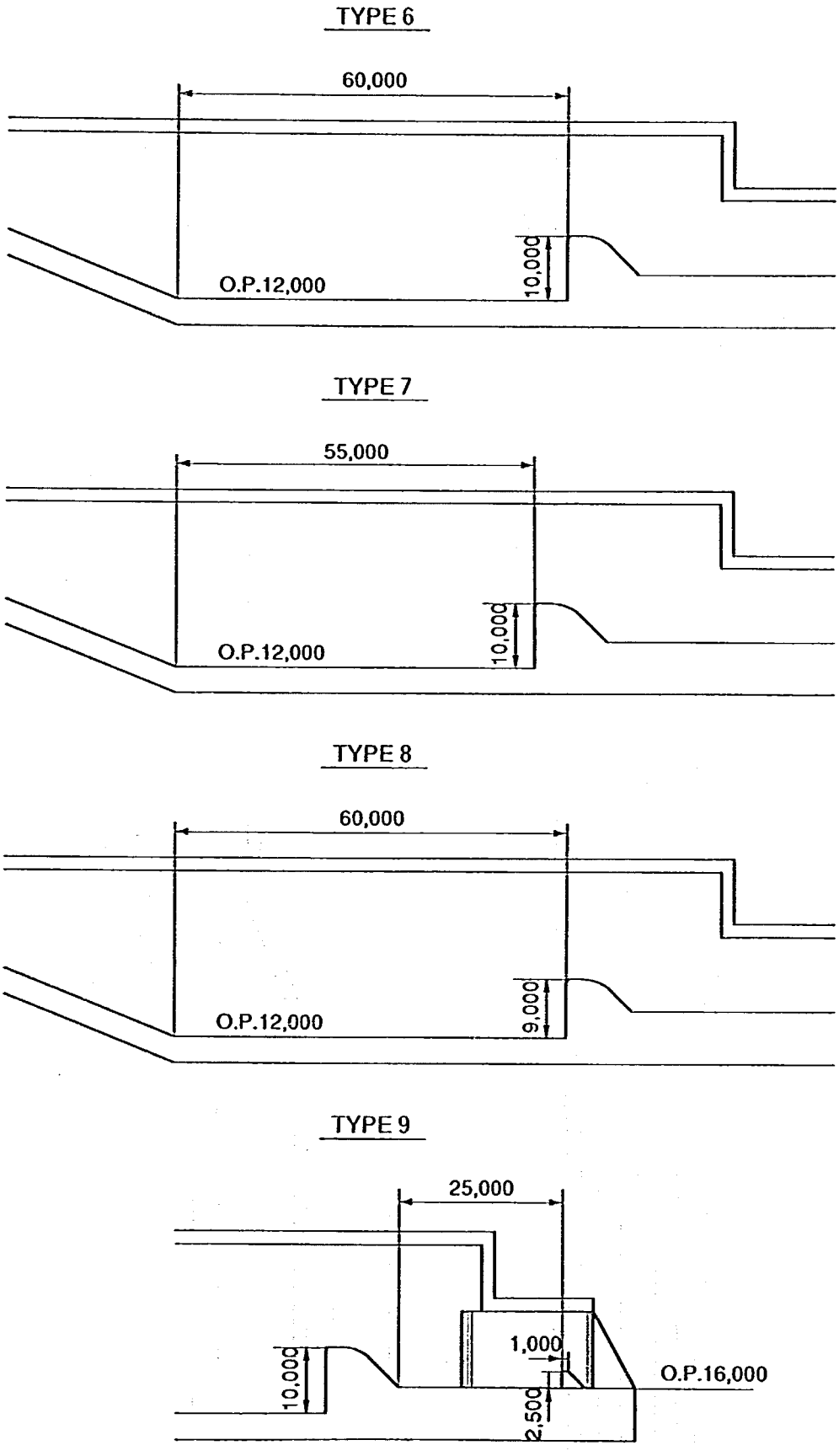


TYPE 5

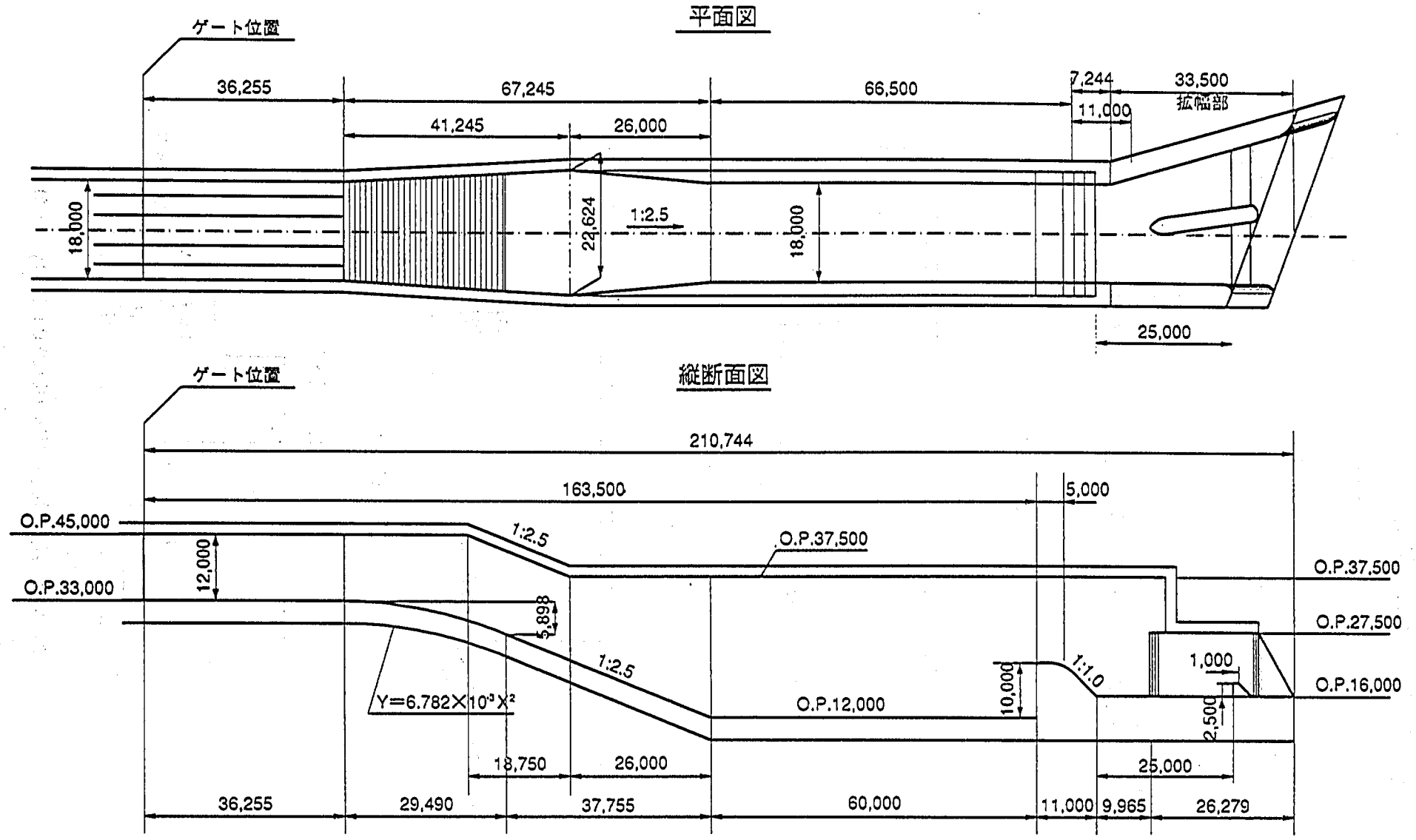


図－5.41　減勢工比較検討図（比較案C１２，Type2～5）

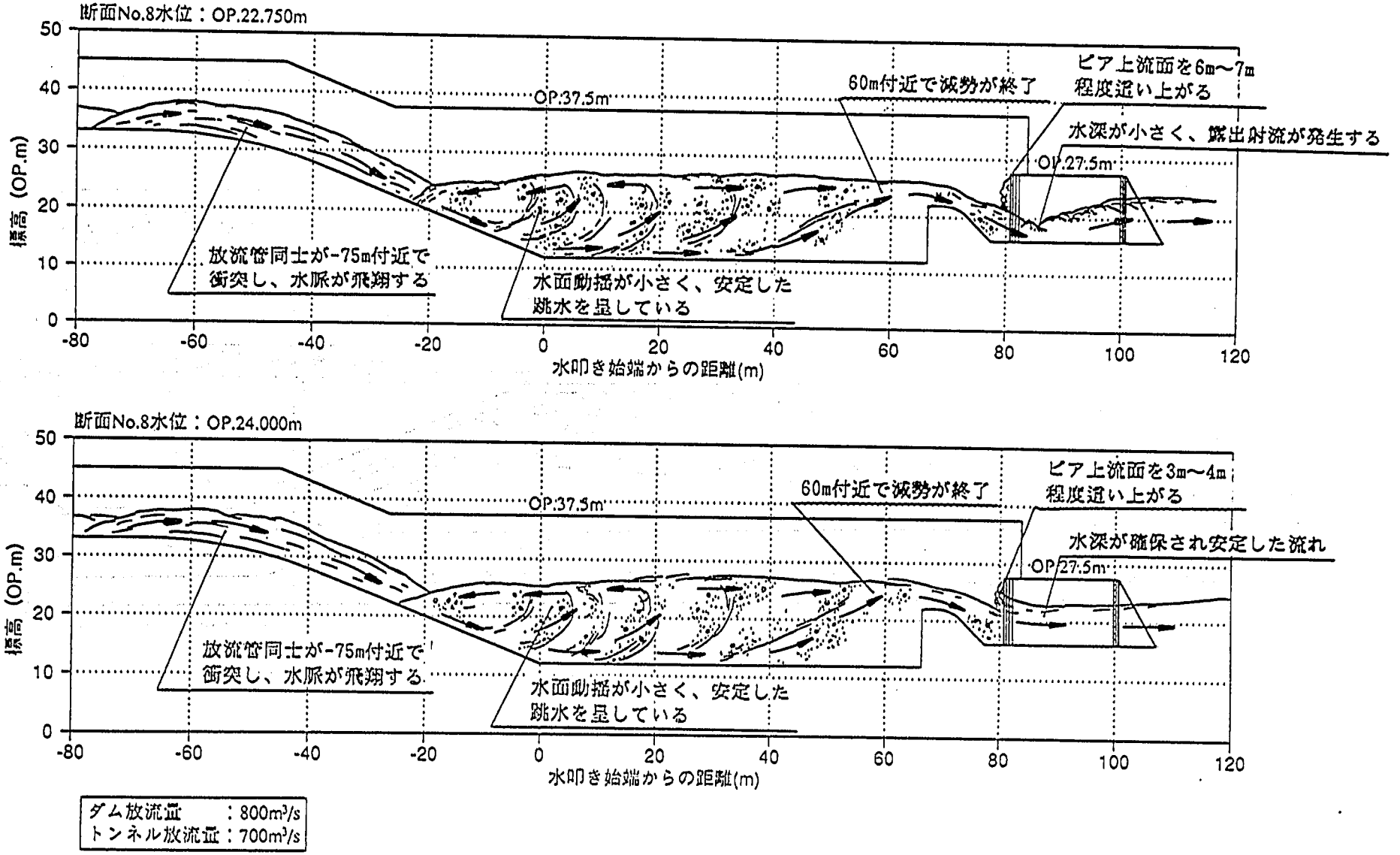
・減勢工及び副ダム減勢工の検討



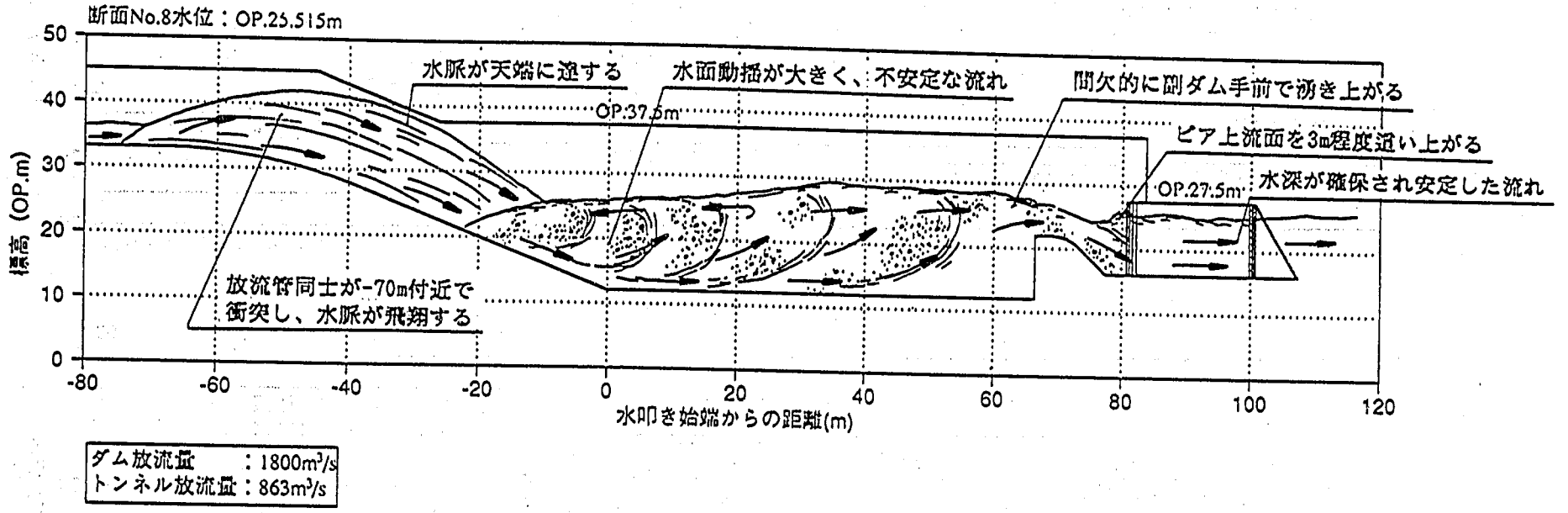
図－5.42　減勢工比較検討図（比較案C１２，Type6～9）



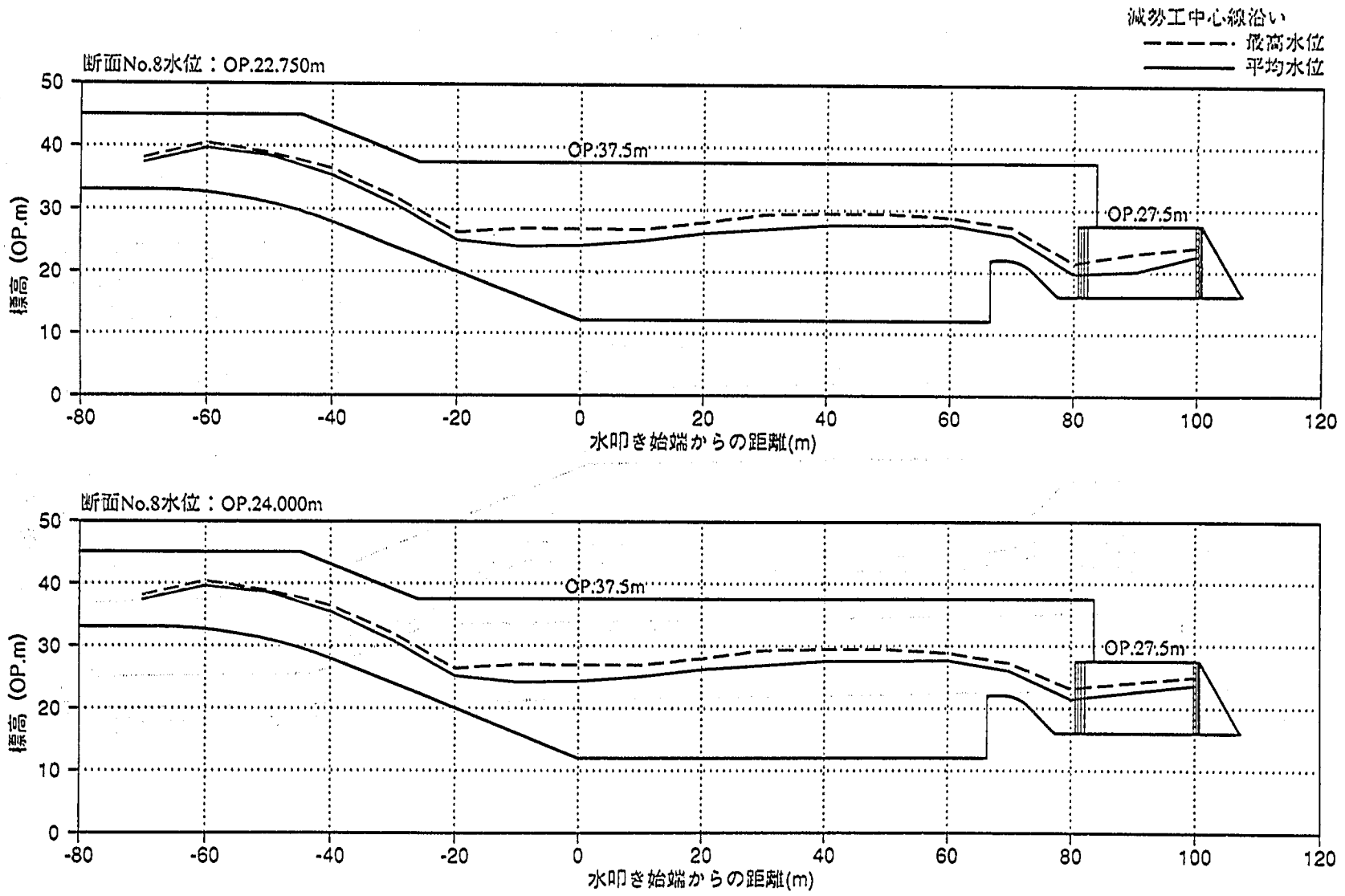
図－5.43　減勢工部形状図（比較案C１２，最終案）



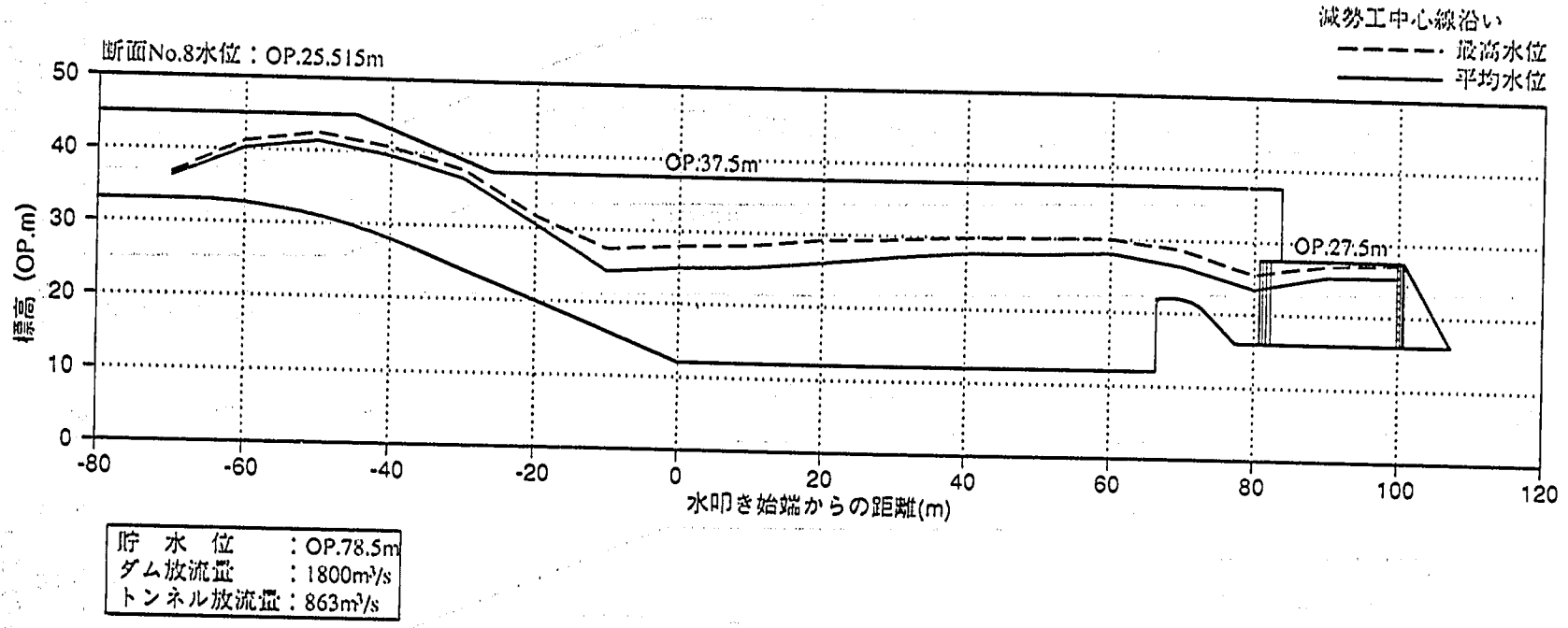
図－5.44　減勢工・副ダム減勢工流況a（比較案C１２，Type1）



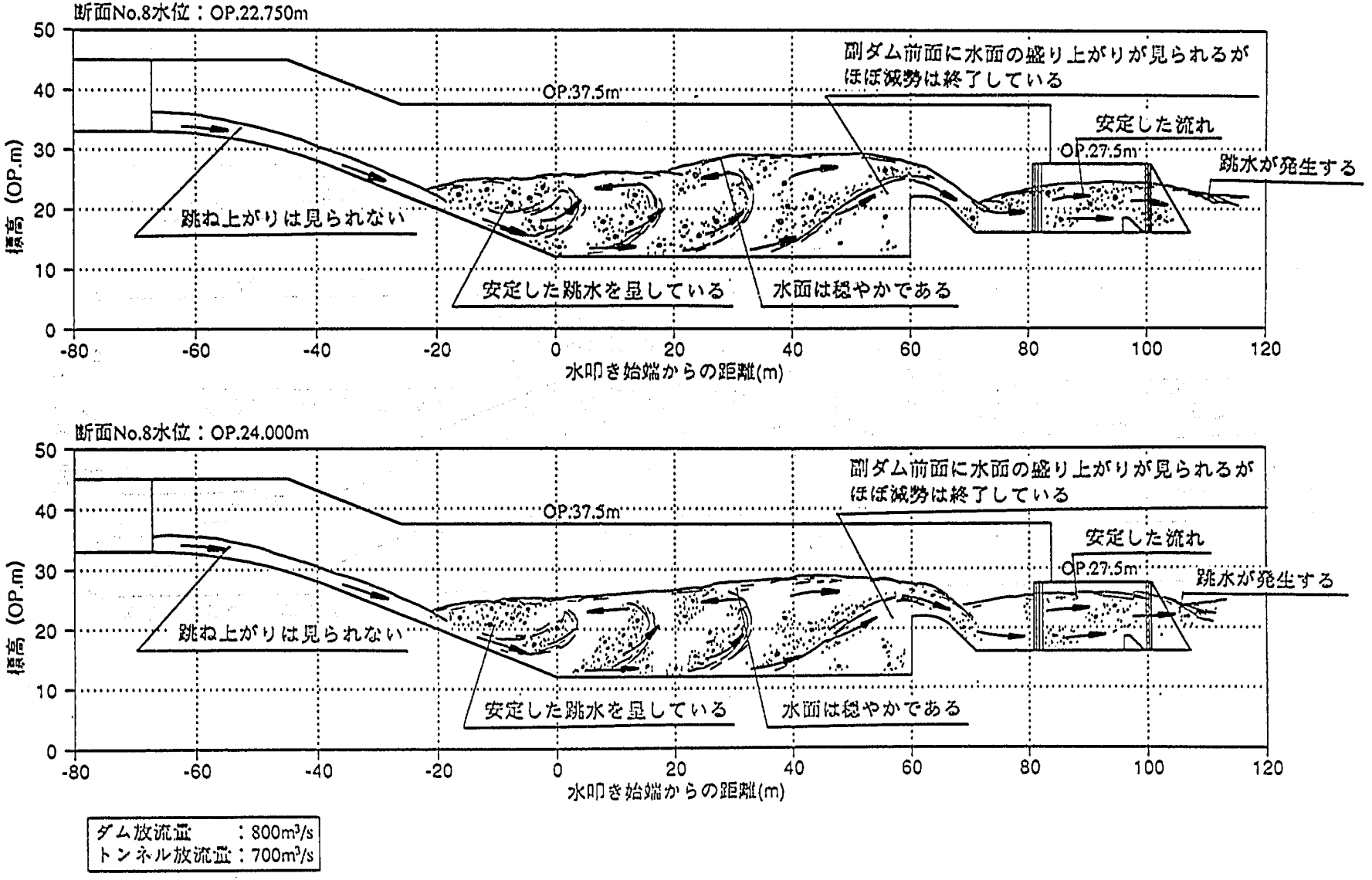
図－5.45　減勢工・副ダム減勢工流況b（比較案C１２，Type1）



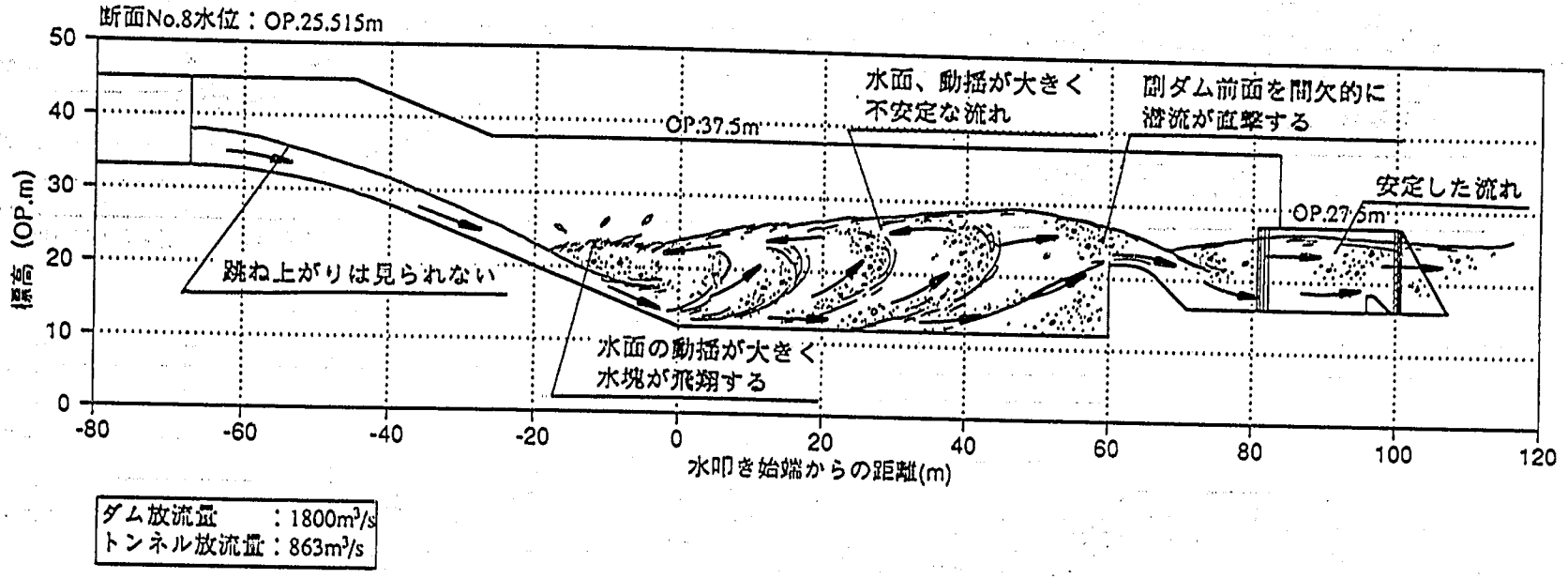
図－5.46　減勢工・副ダム減勢工水面形a（比較案C１２，Type1）



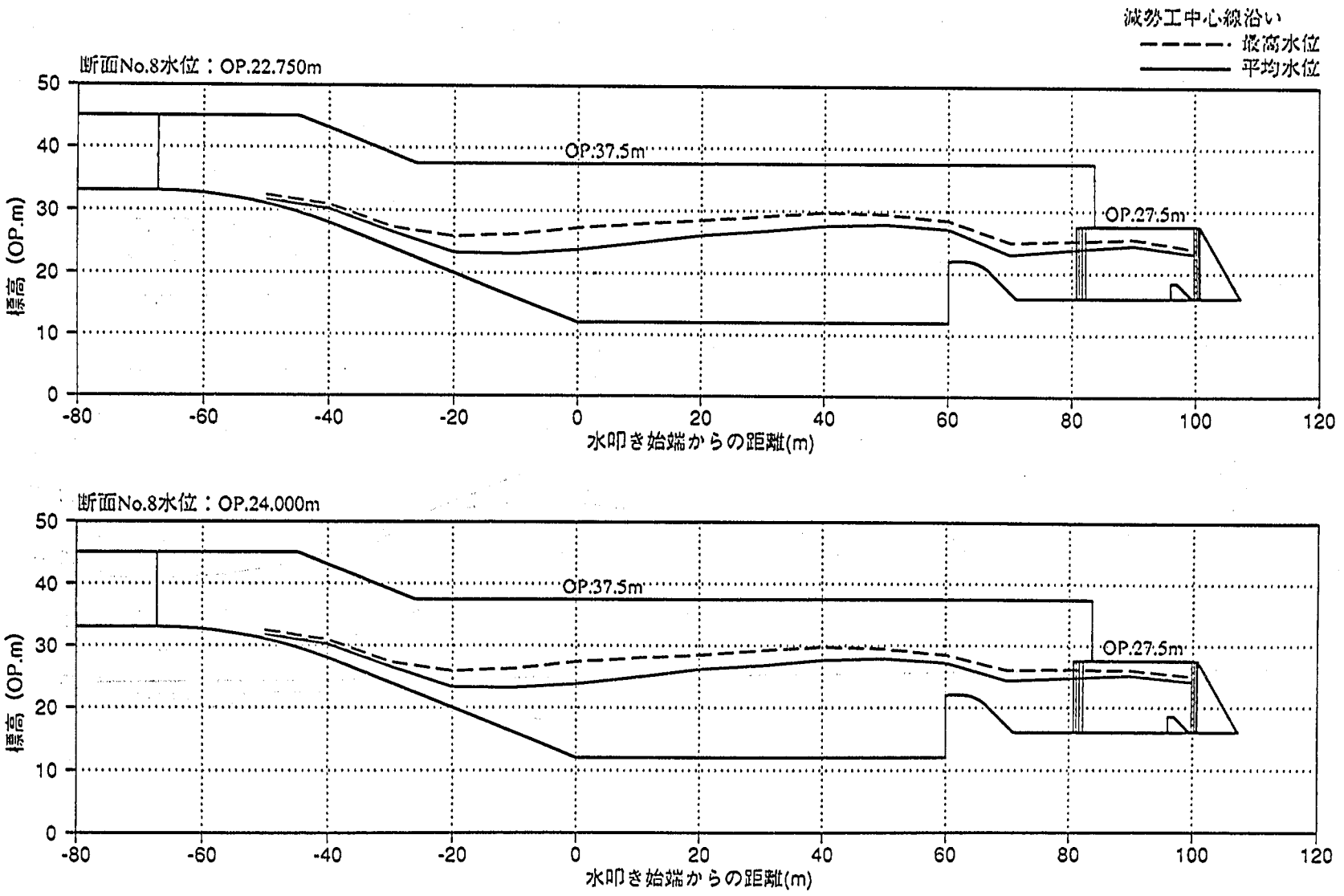
図－5.47　減勢工・副ダム減勢工水面形b（比較案C１２，Type1）



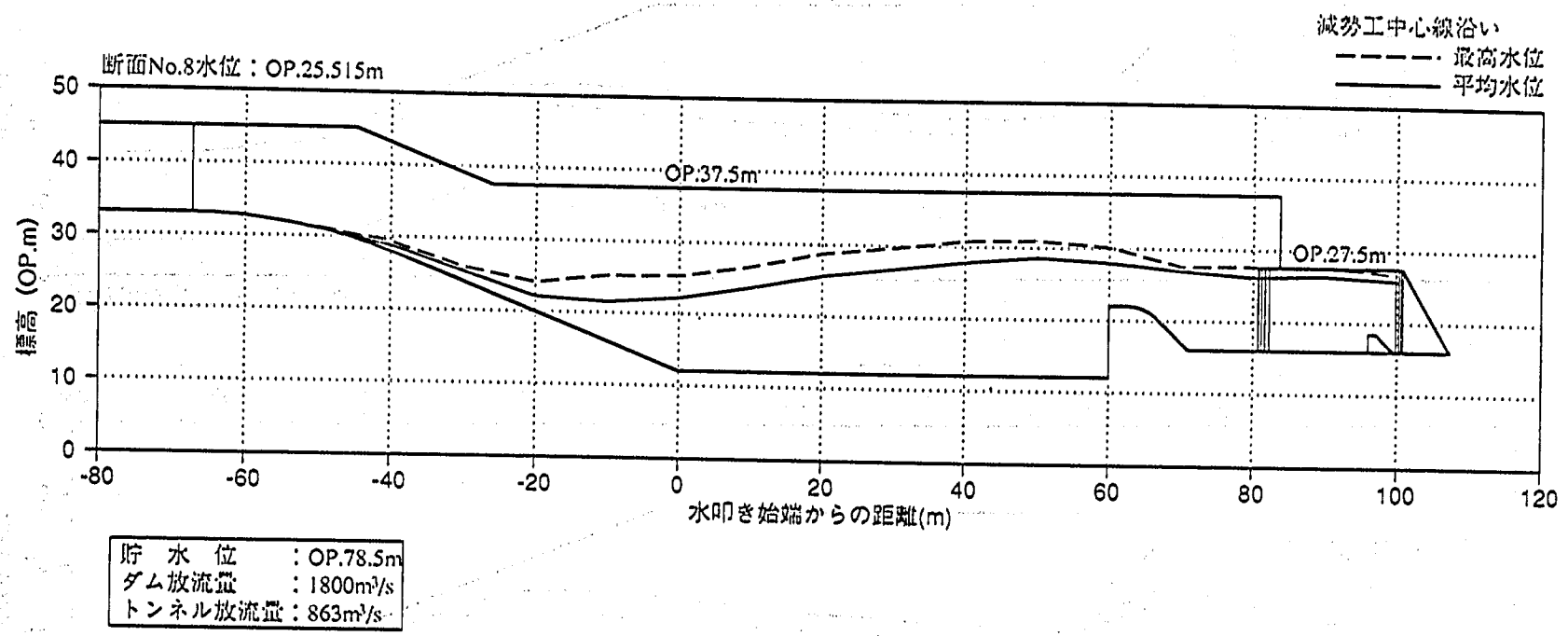
図－5.48　減勢工・副ダム減勢工流況a（比較案C１２，最終案）



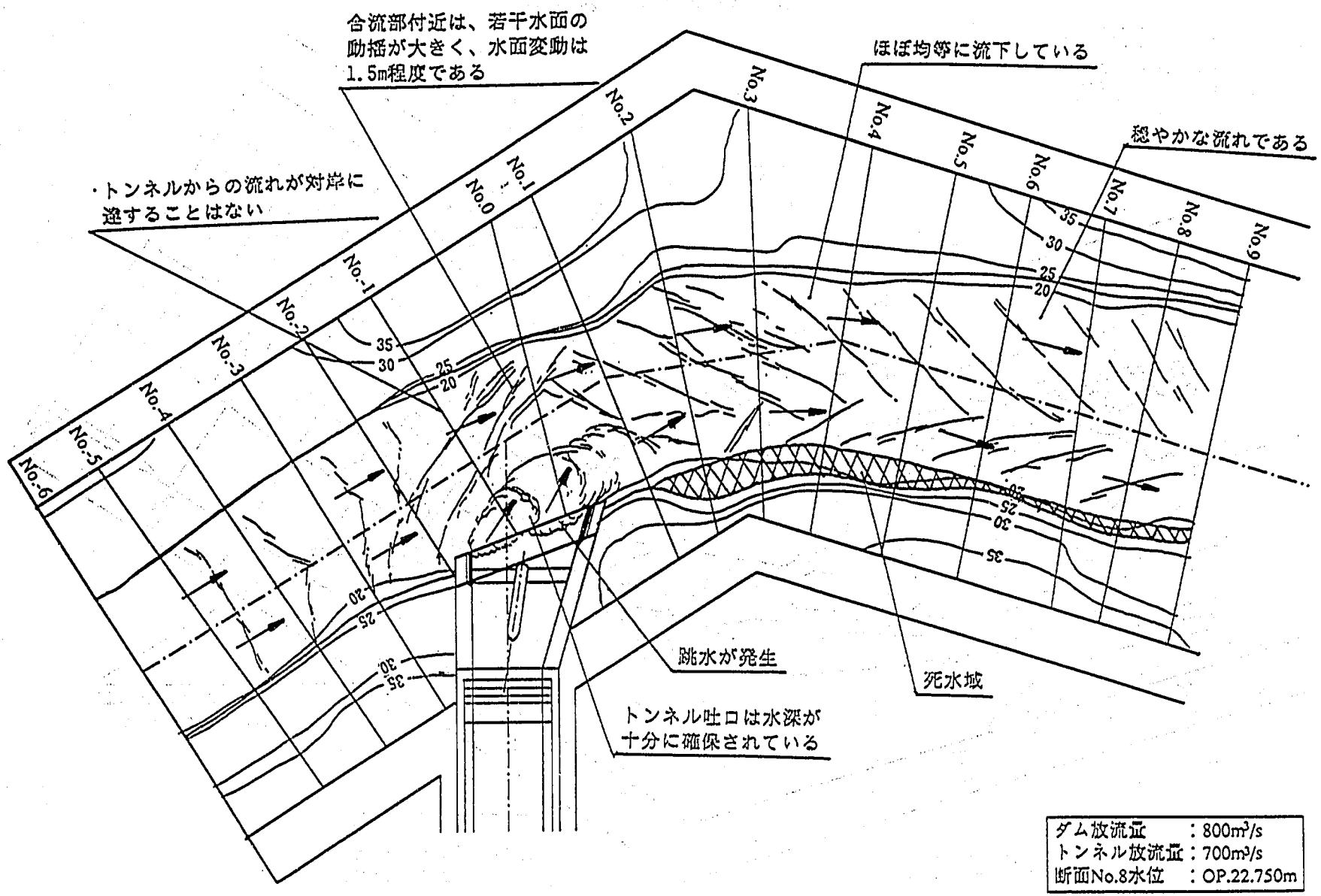
図－5.49　減勢工・副ダム減勢工流況b（比較案C１２，最終案）



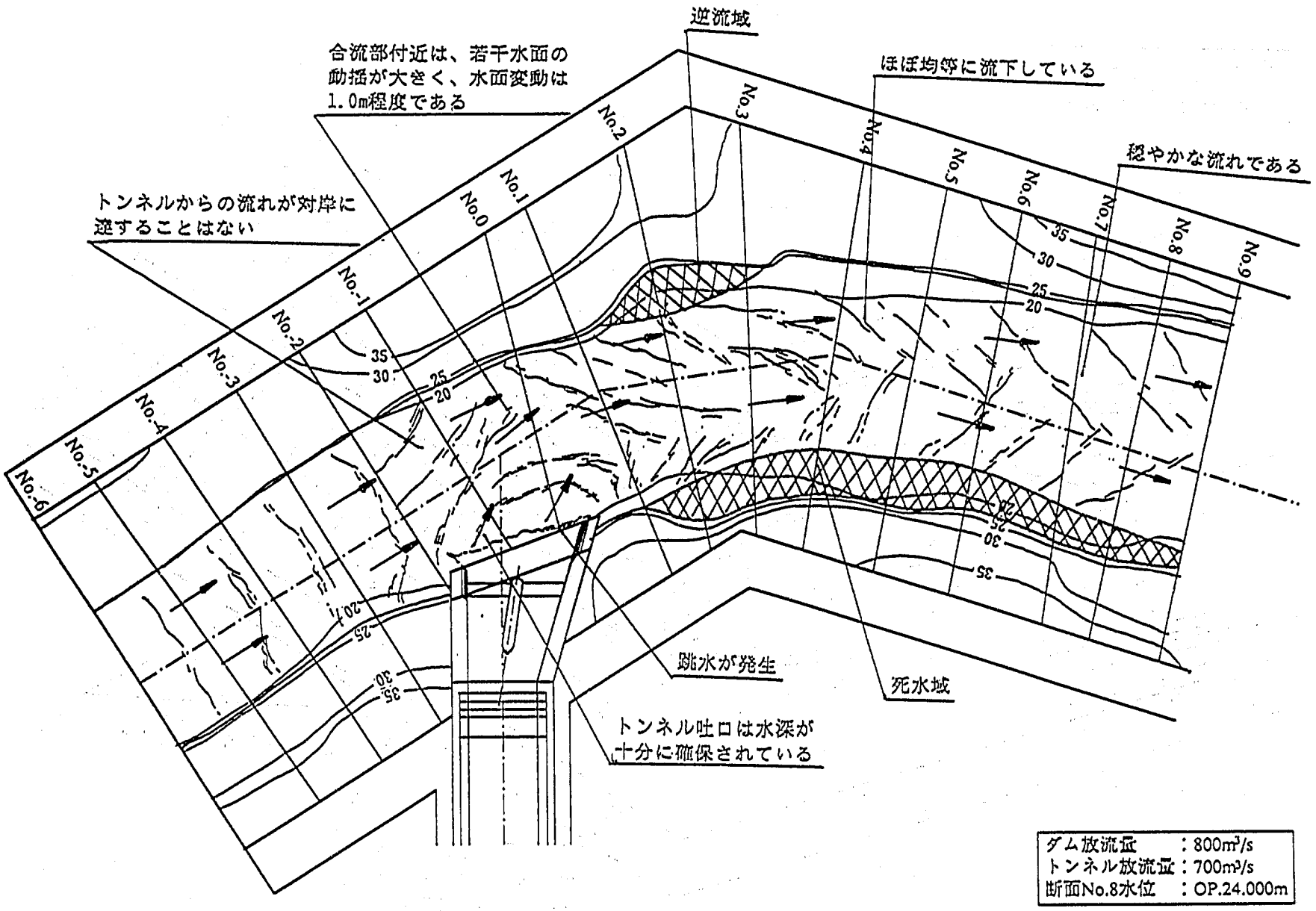
図－5.50　減勢工・副ダム減勢工水面形a（比較案C１２，最終案）



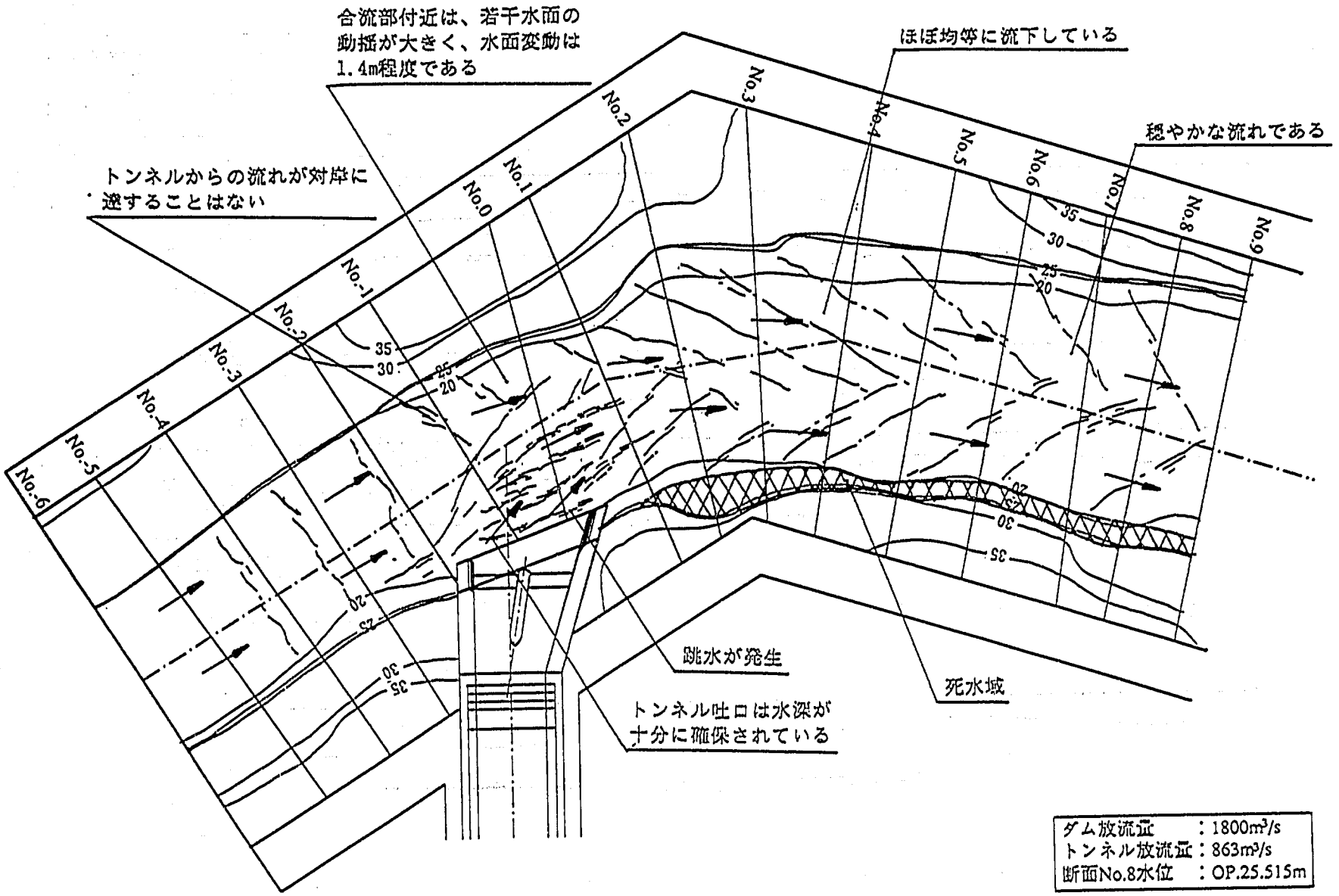
図－5.51　減勢工・副ダム減勢工水面形b（比較案C１２，最終案）



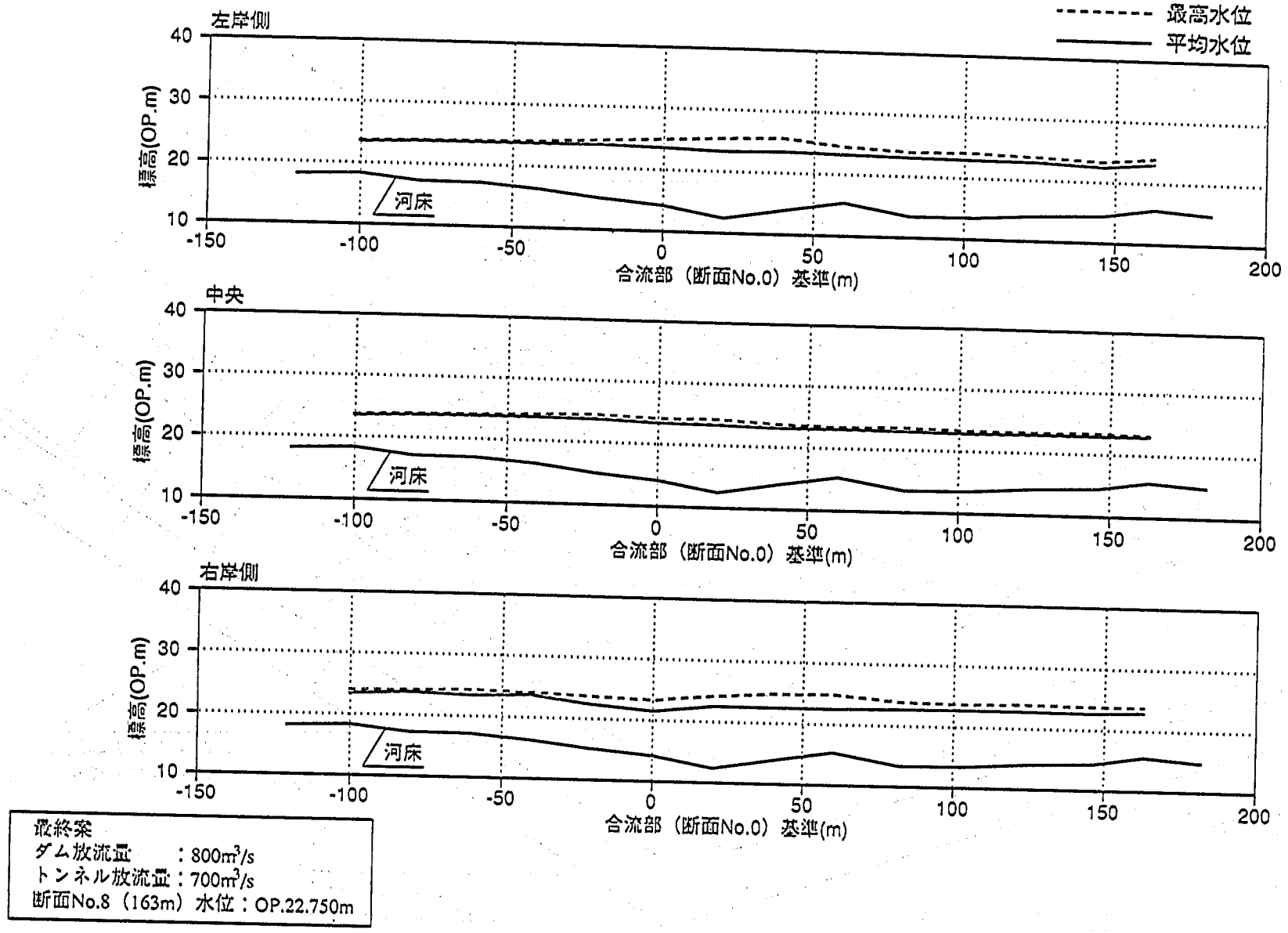
図－5.52　下流河道流況a（最終案）



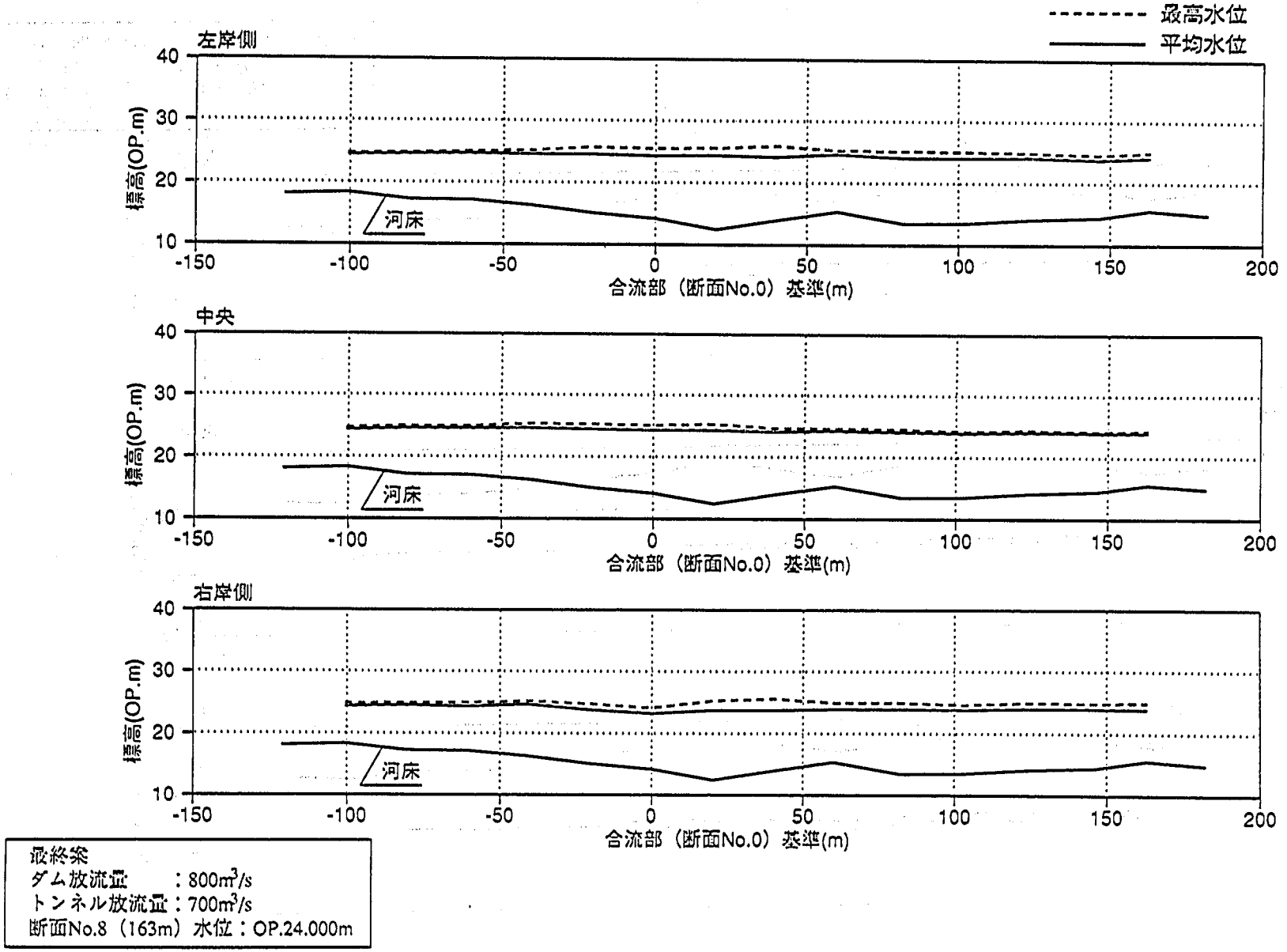
図－5.53　下流河道流況b（最終案）



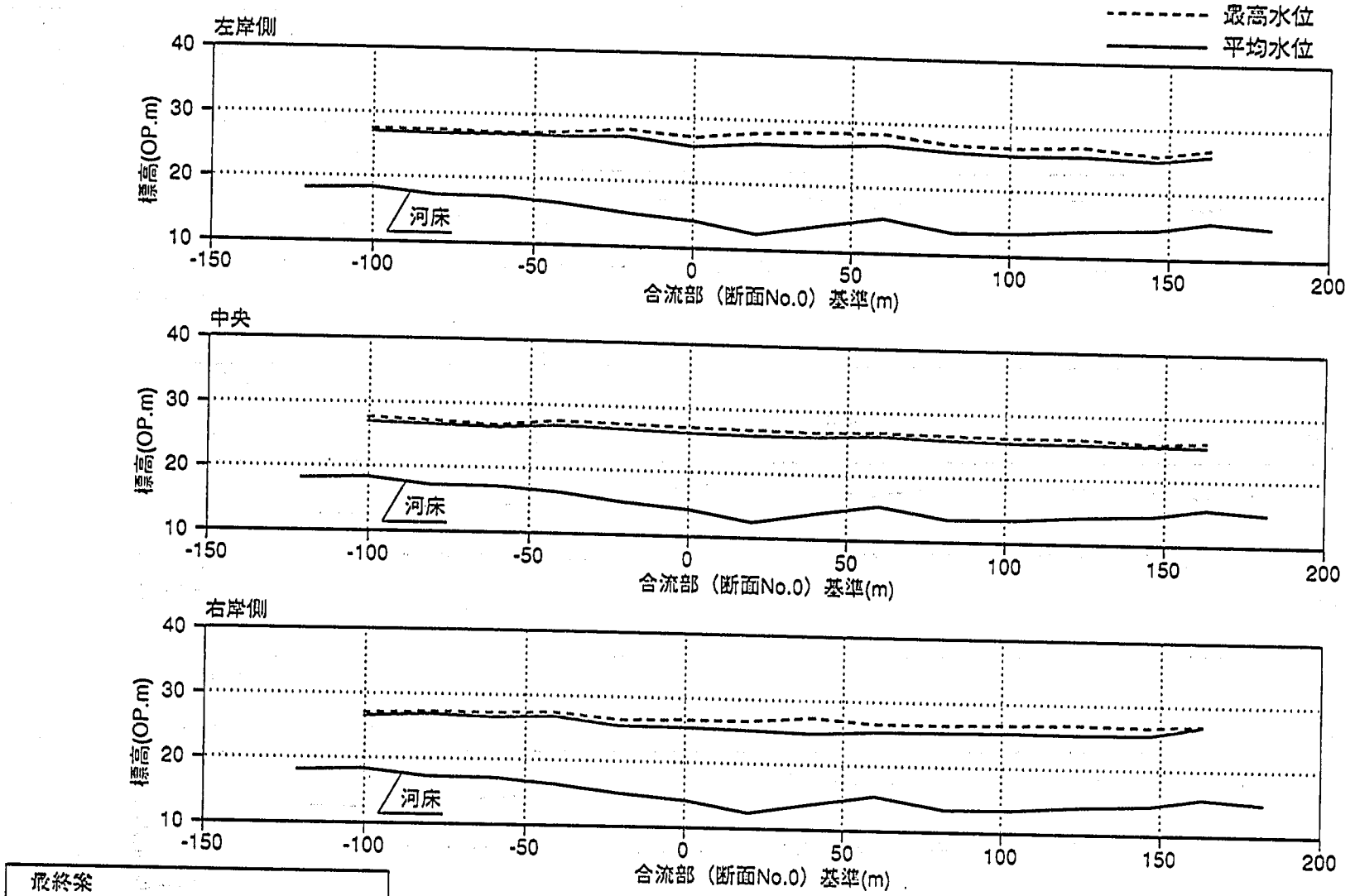
図－5.54　下流河道流況c（最終案）



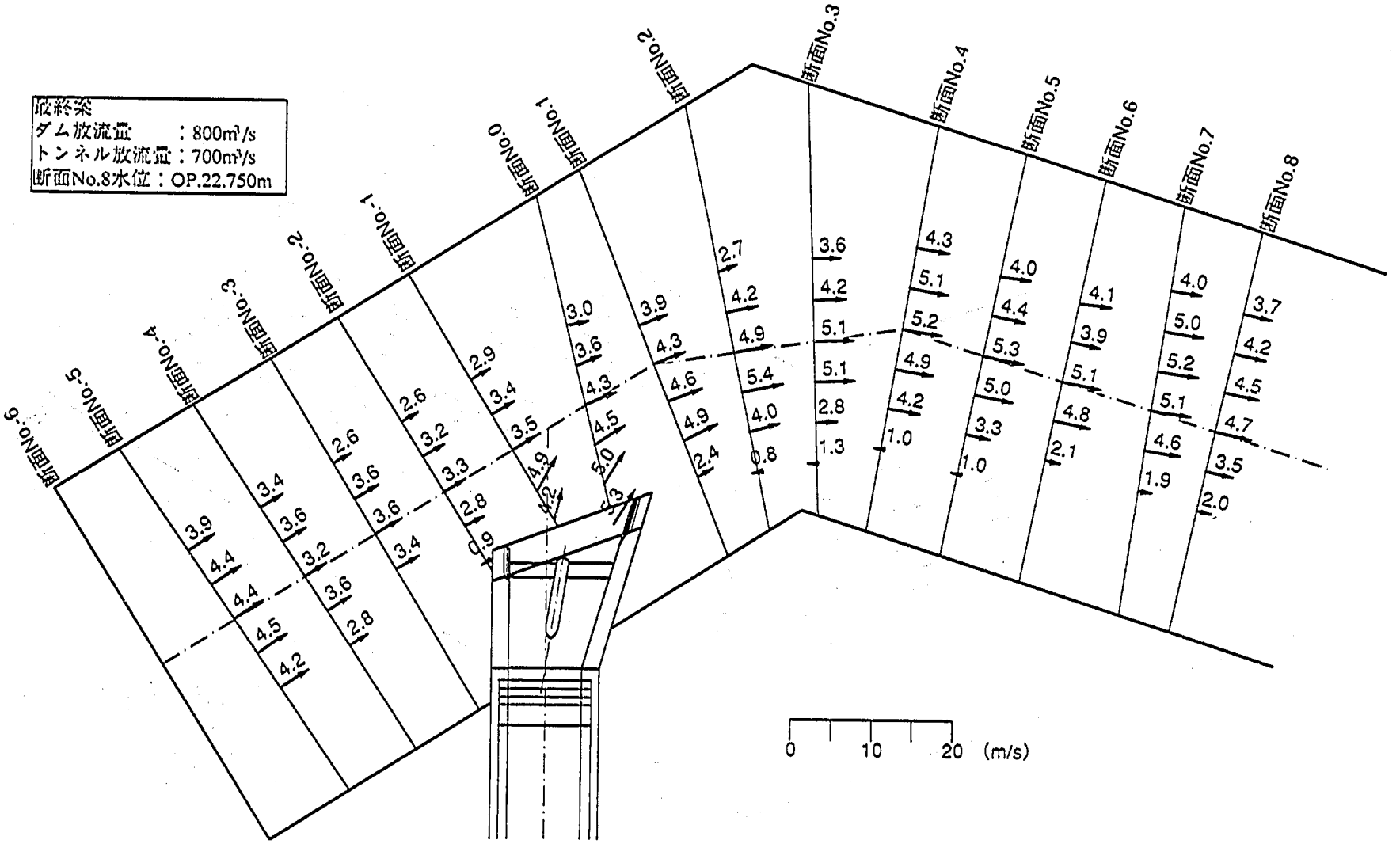
図－5.55　下流河道水面形a（最終案）



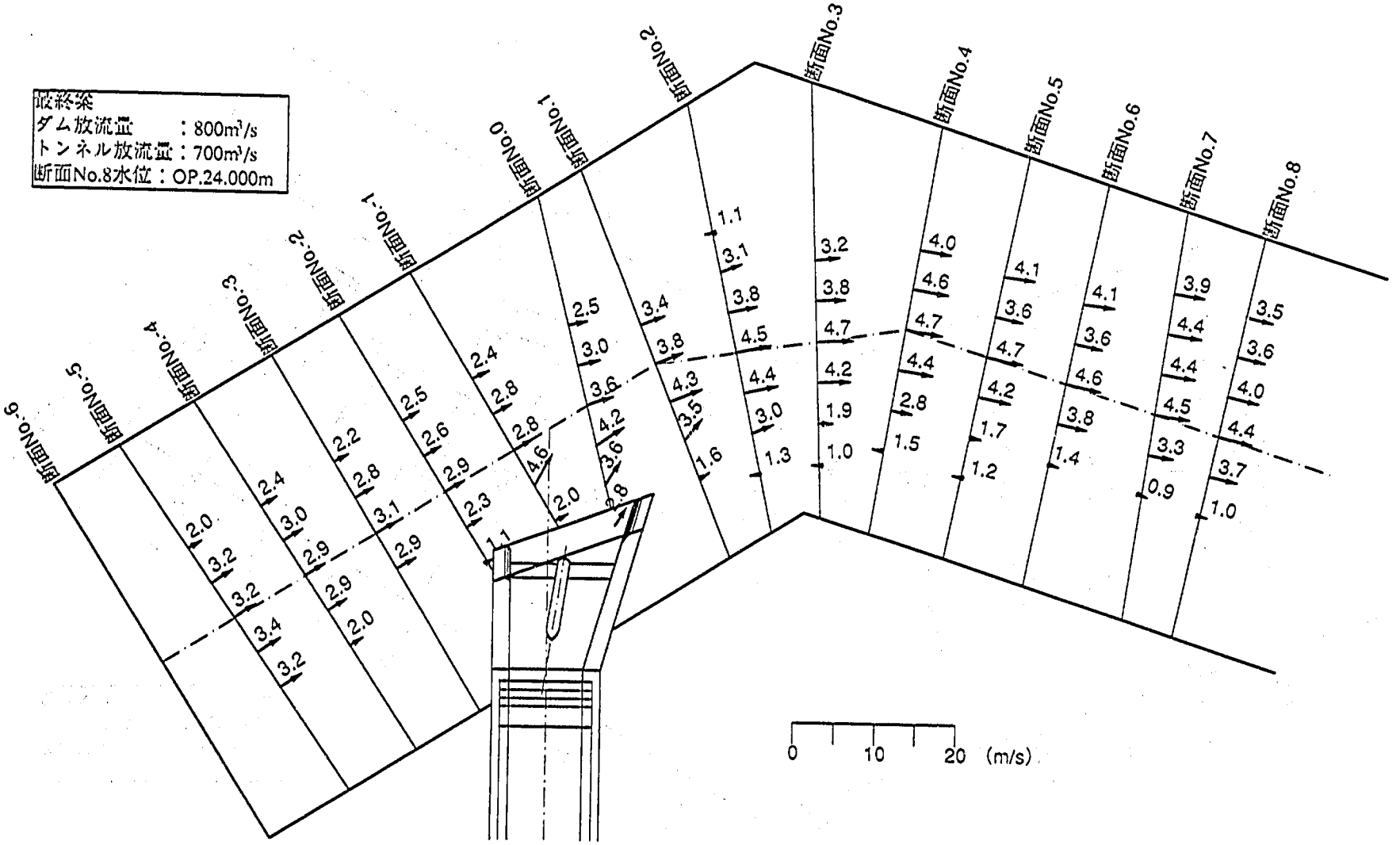
図－5.56　下流河道水面形b（最終案）



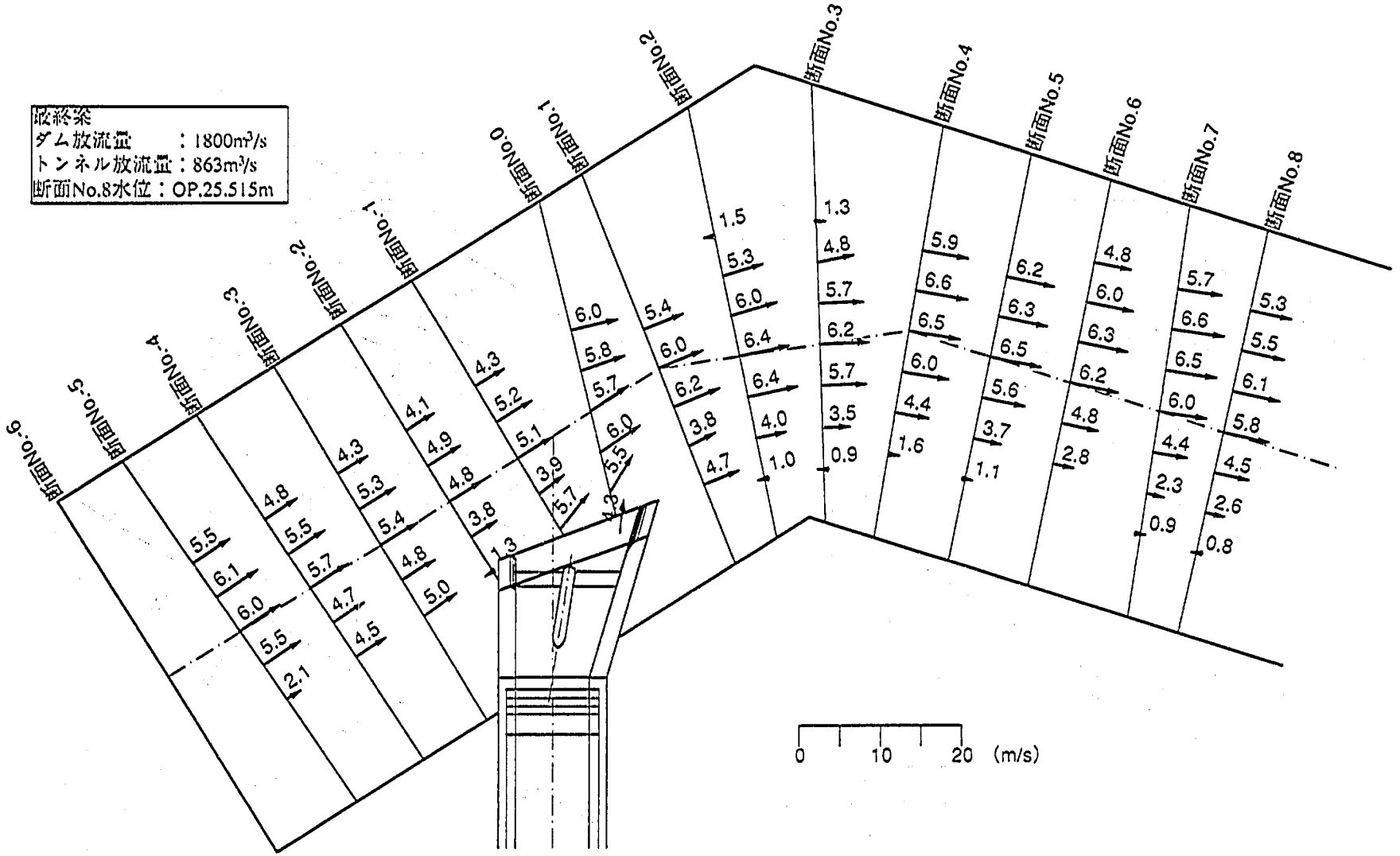
図－5.57　下流河道水面形c（最終案）



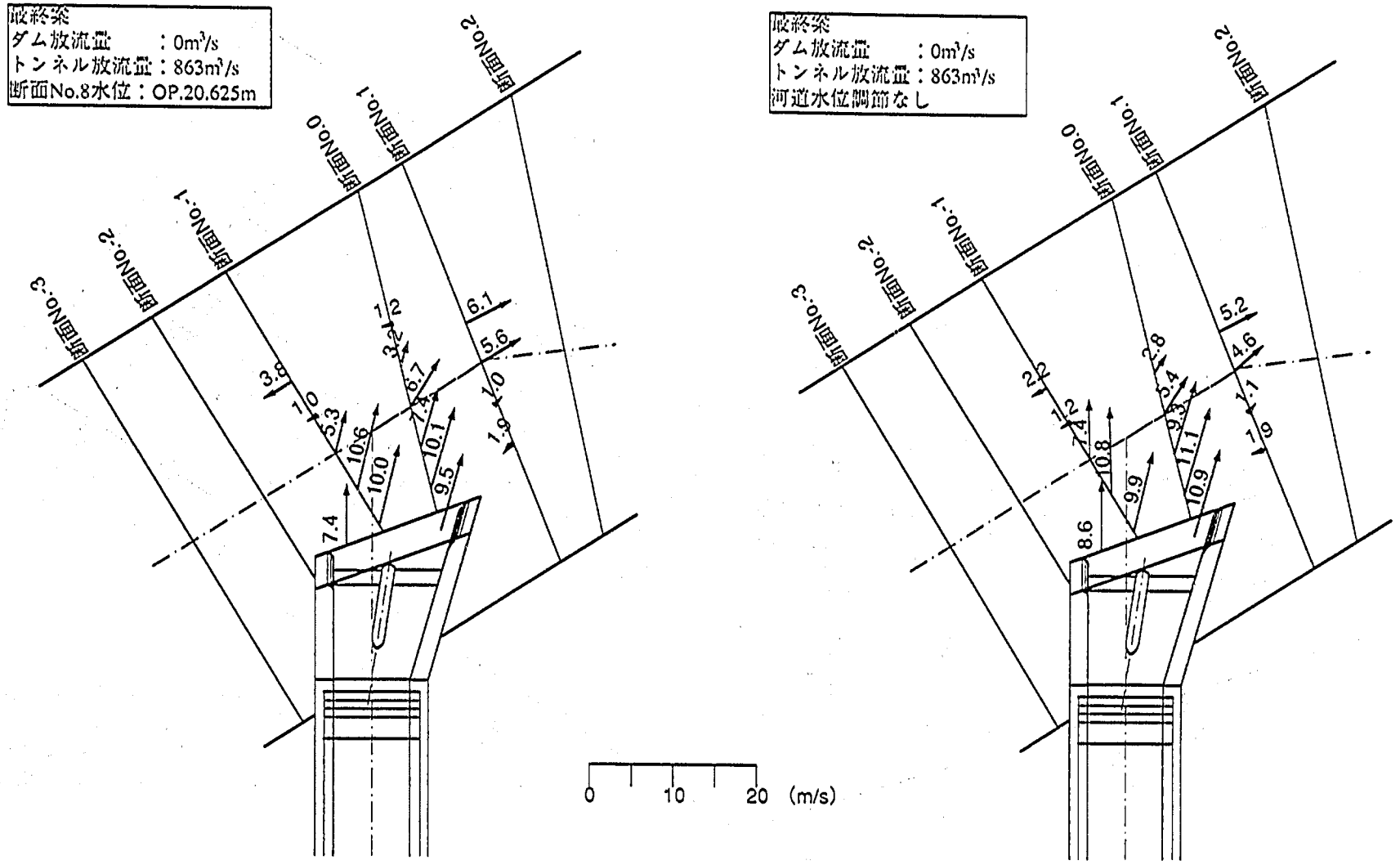
図－5.58　下流河道流速分布a（最終案）



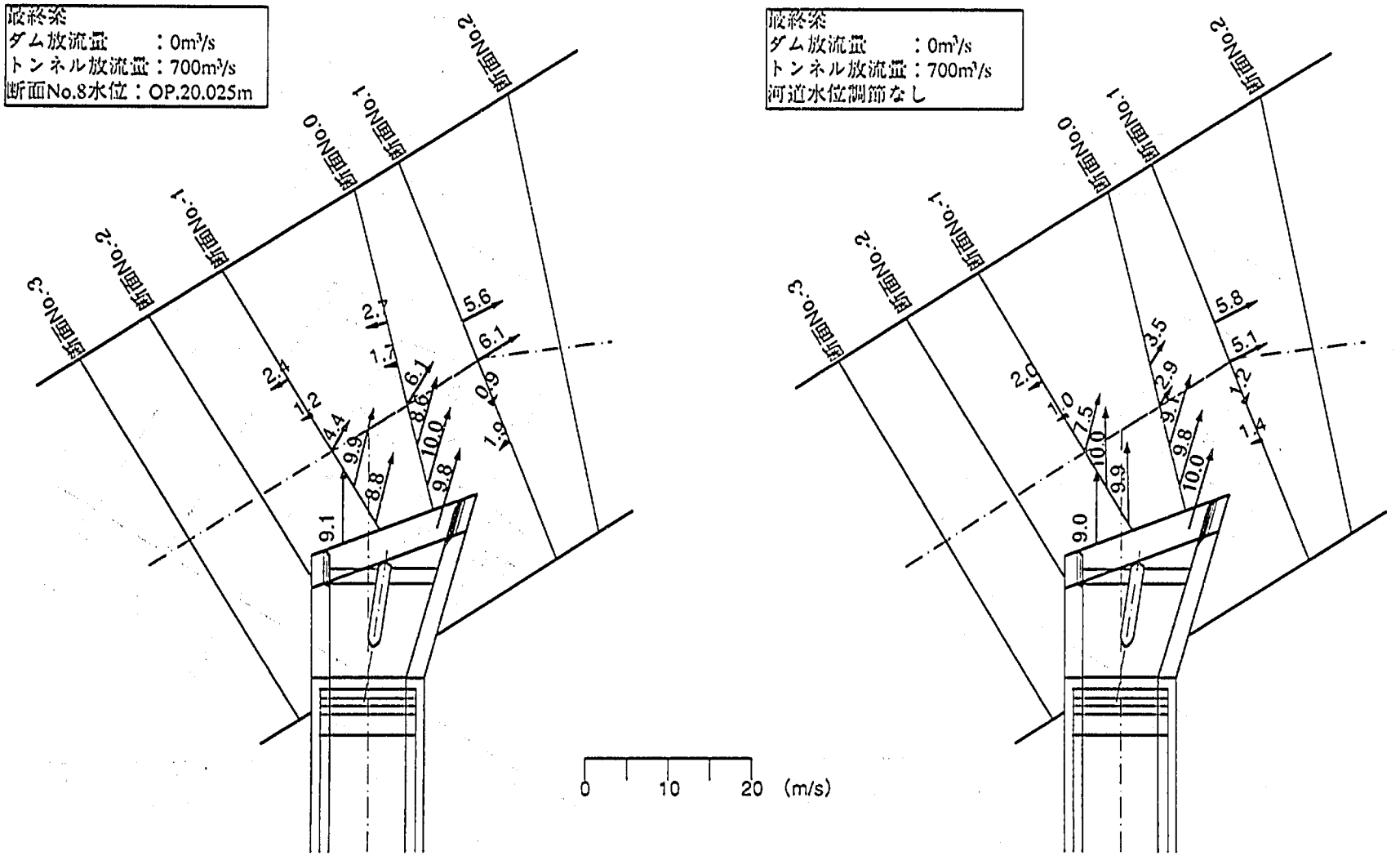
図－5.59　下流河道流速分布b（最終案）



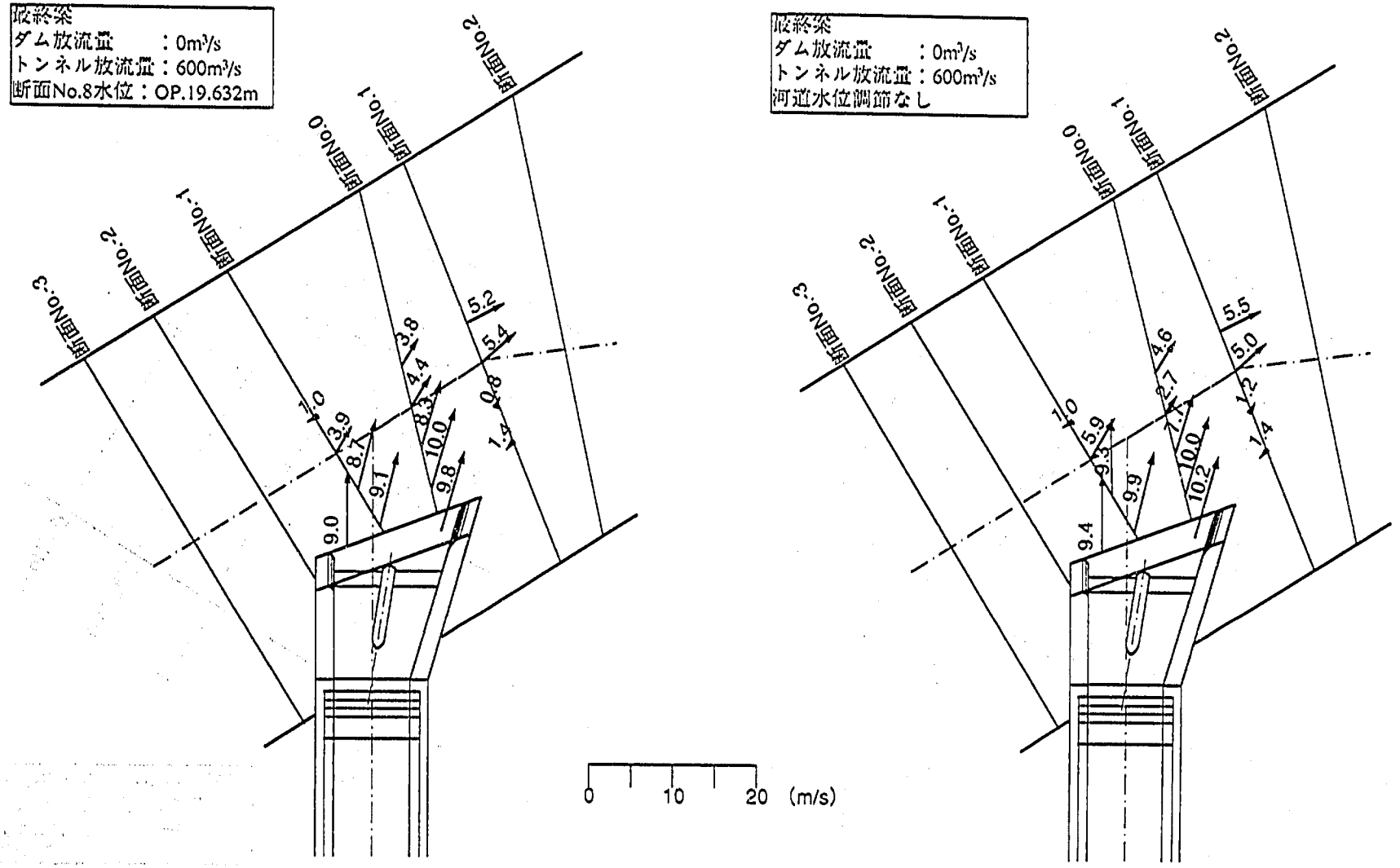
図－5.60　下流河道流速分布c（最終案）



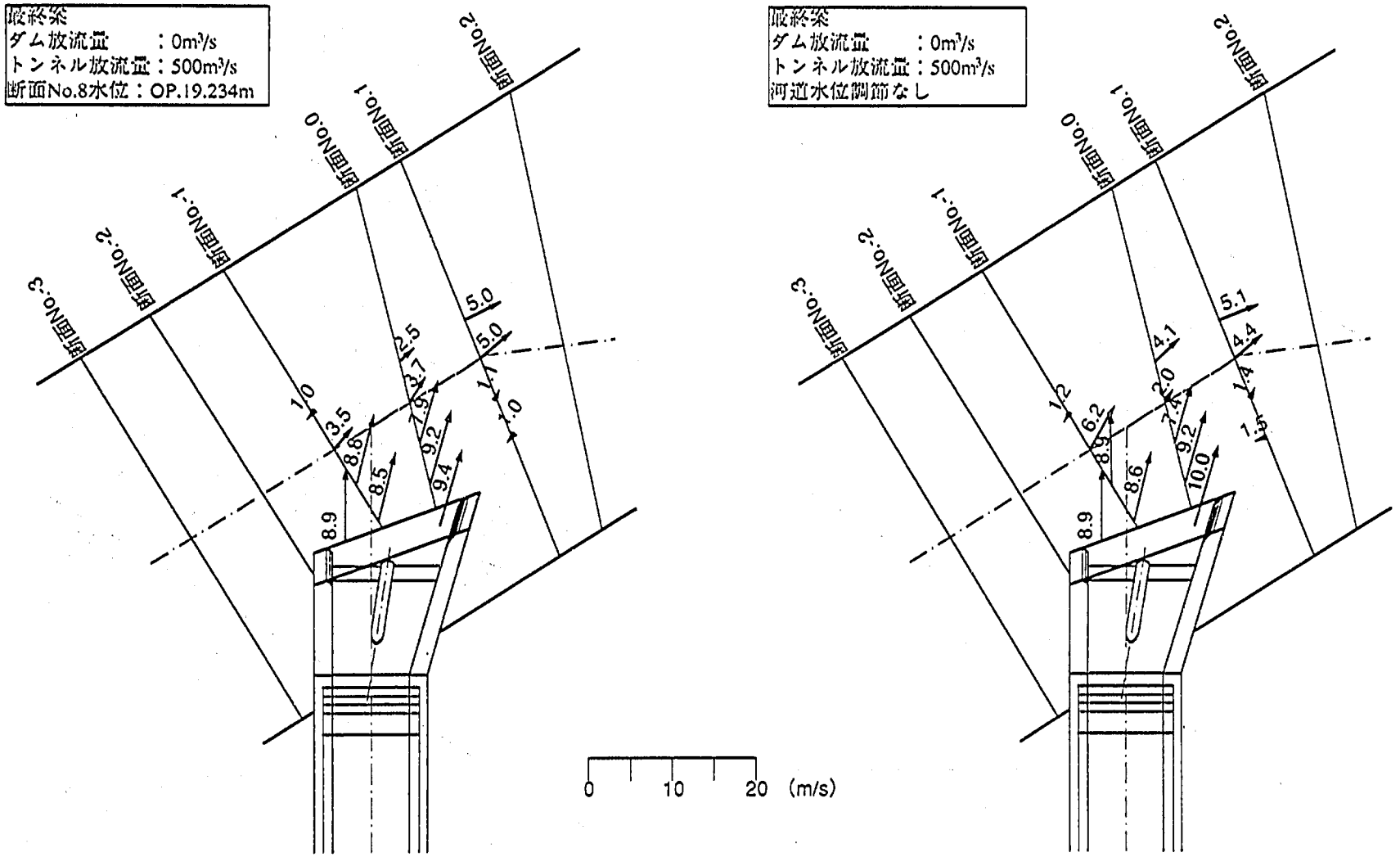
図－5.61　下流河道合流部付近流速分布a（最終案）



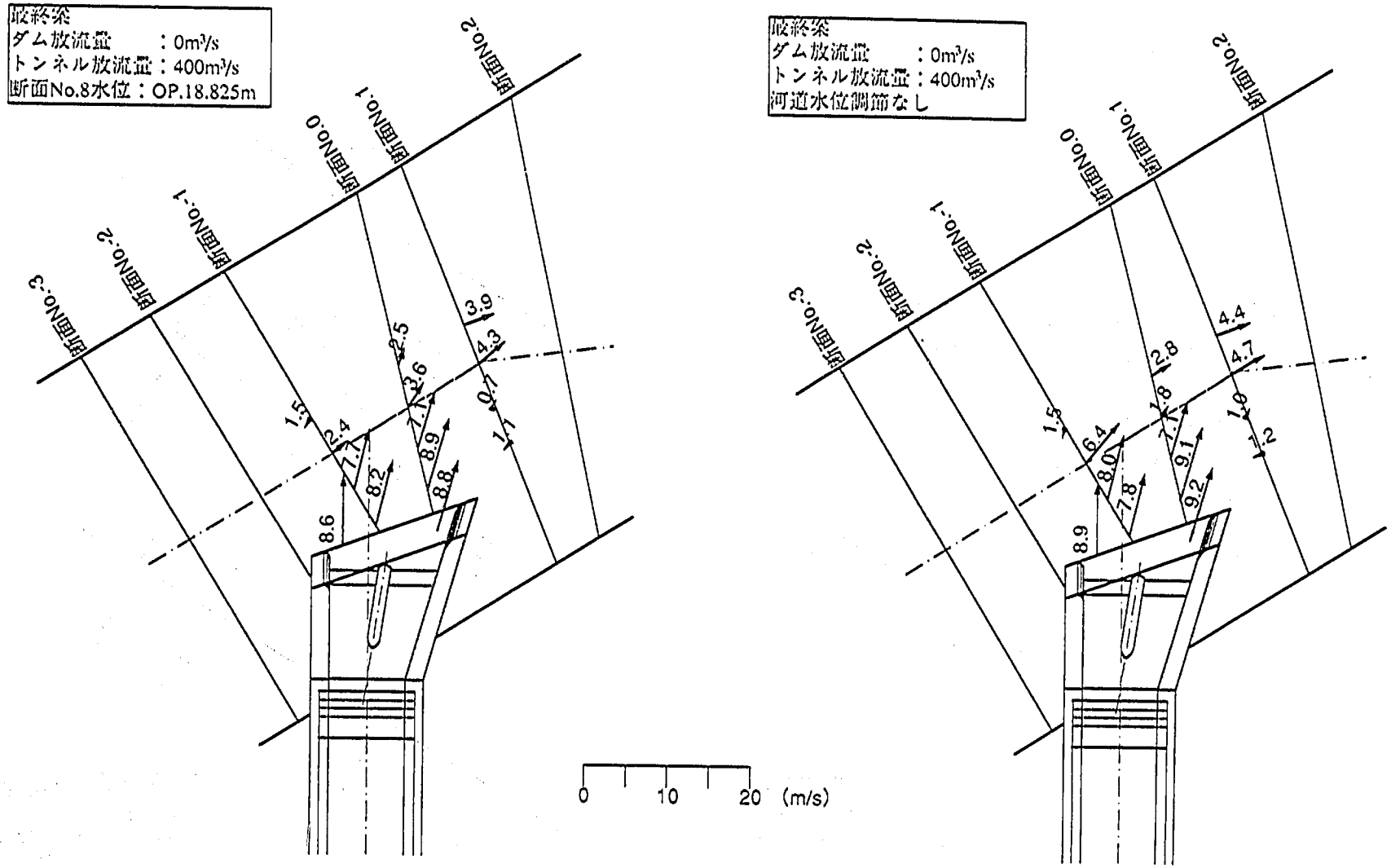
図－5.62　下流河道合流部付近流速分布b（最終案）



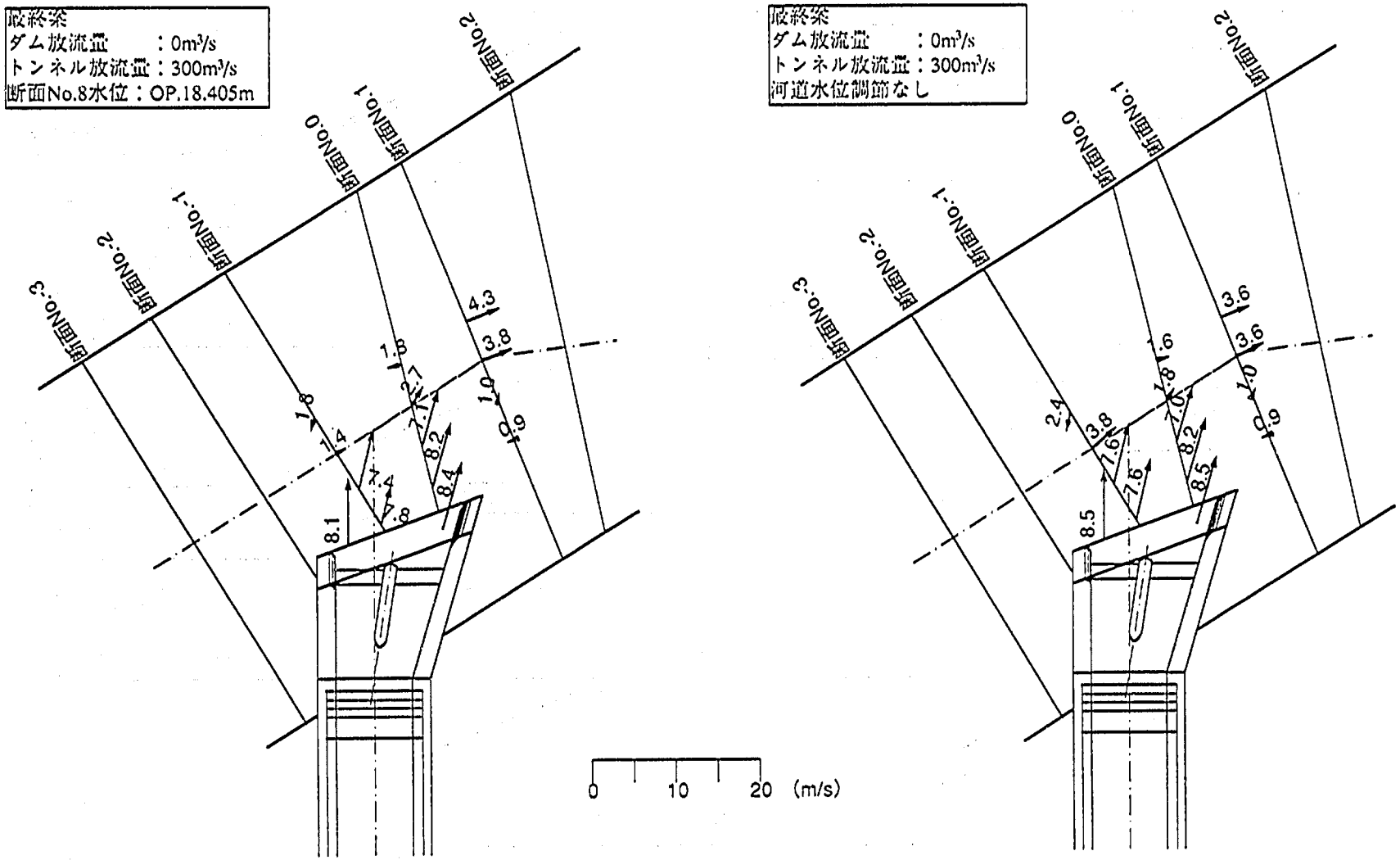
図－5.63　下流河道合流部付近流速分布c（最終案）



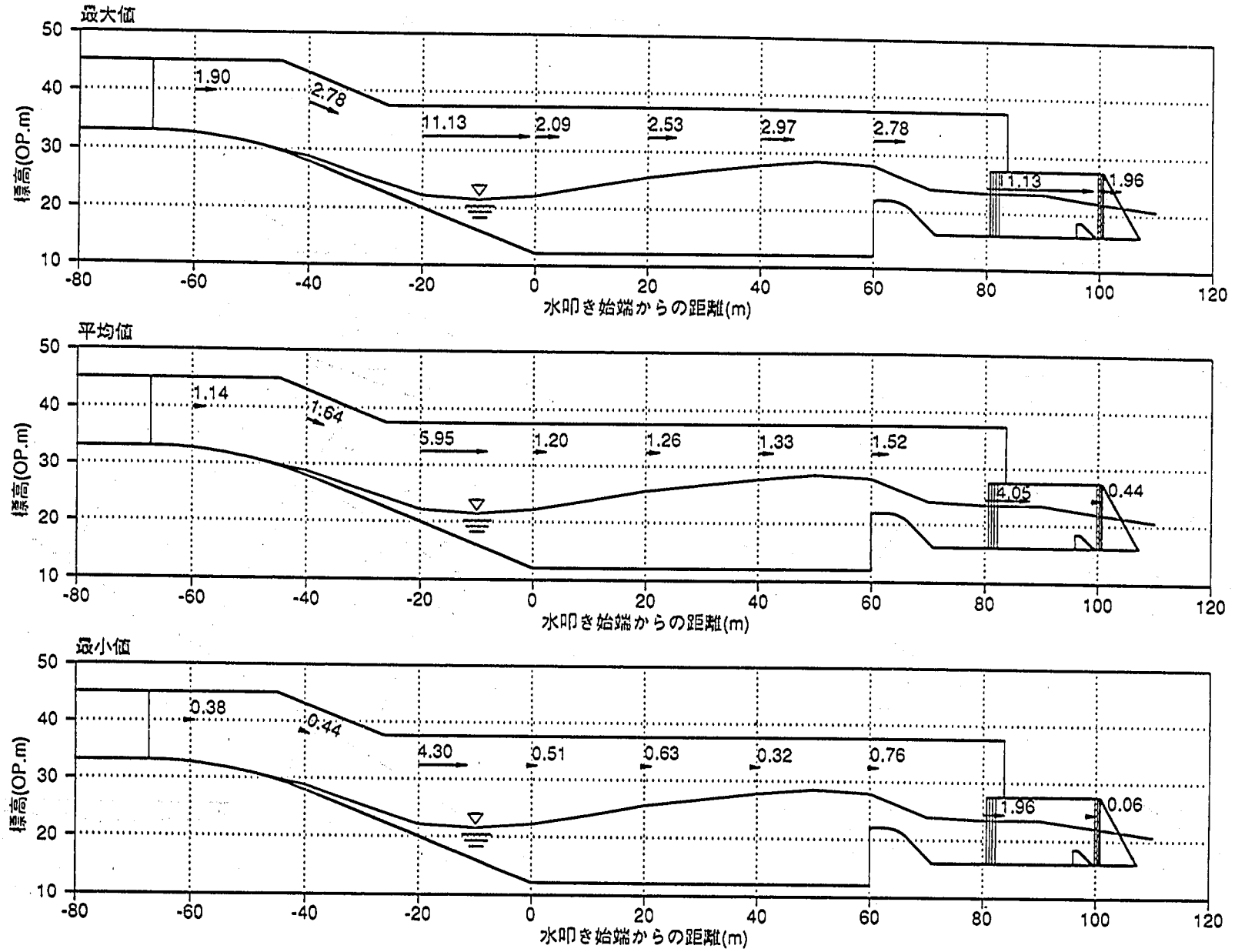
図－5.64　下流河道合流部付近流速分布d（最終案）



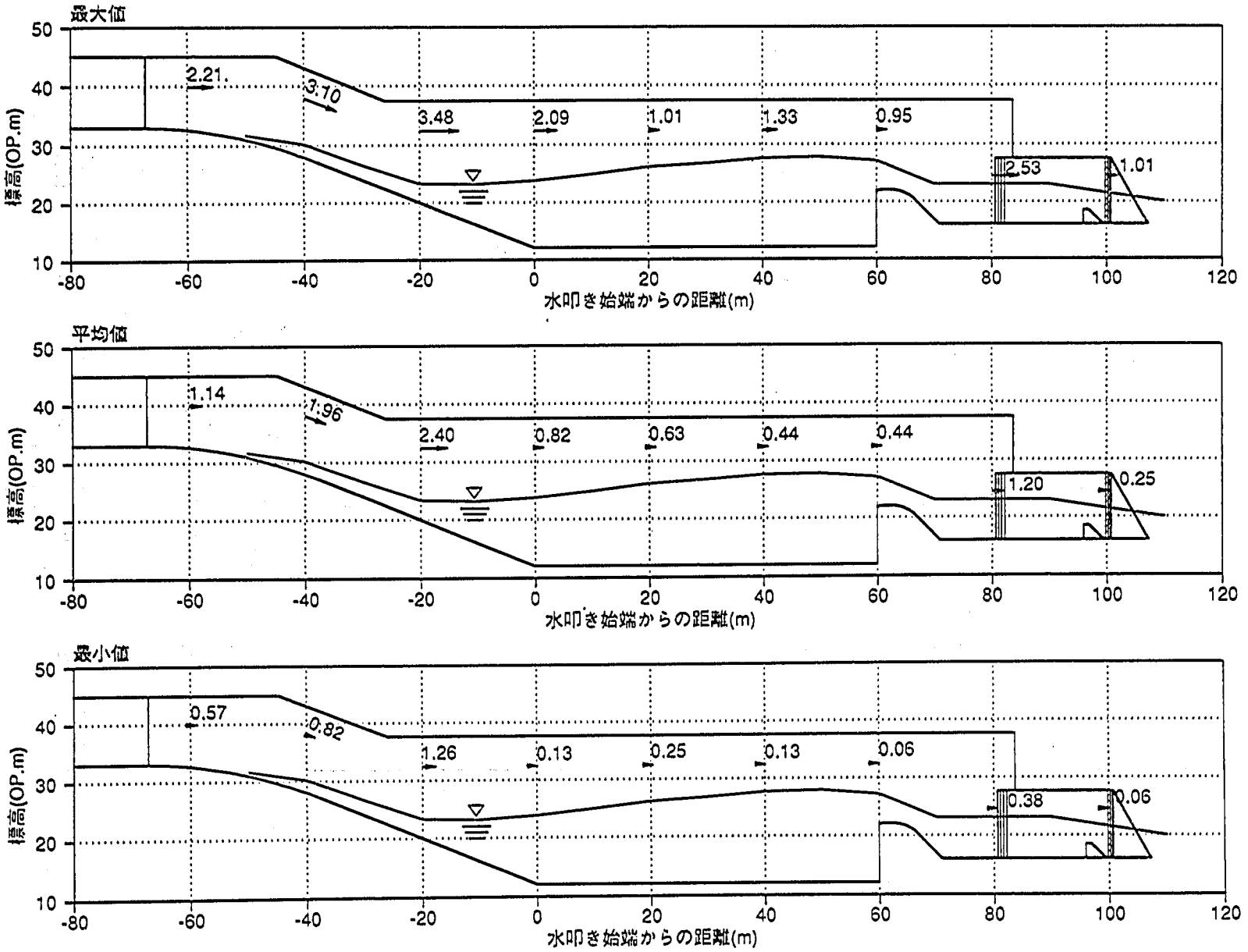
図－5.65　下流河道合流部付近流速分布e（最終案）



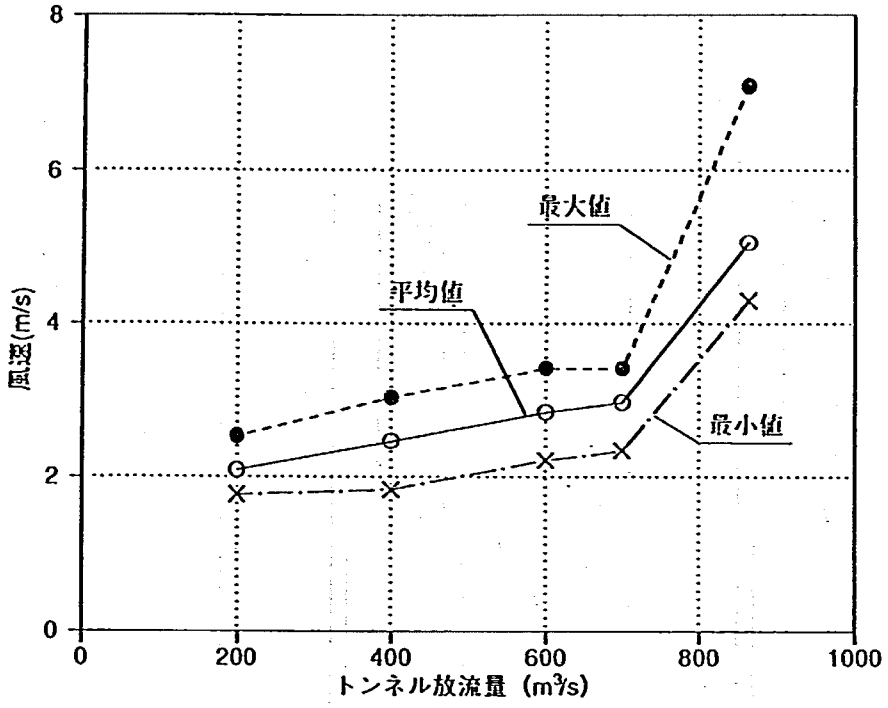
図－5.66　下流河道合流部付近流速分布f（最終案）



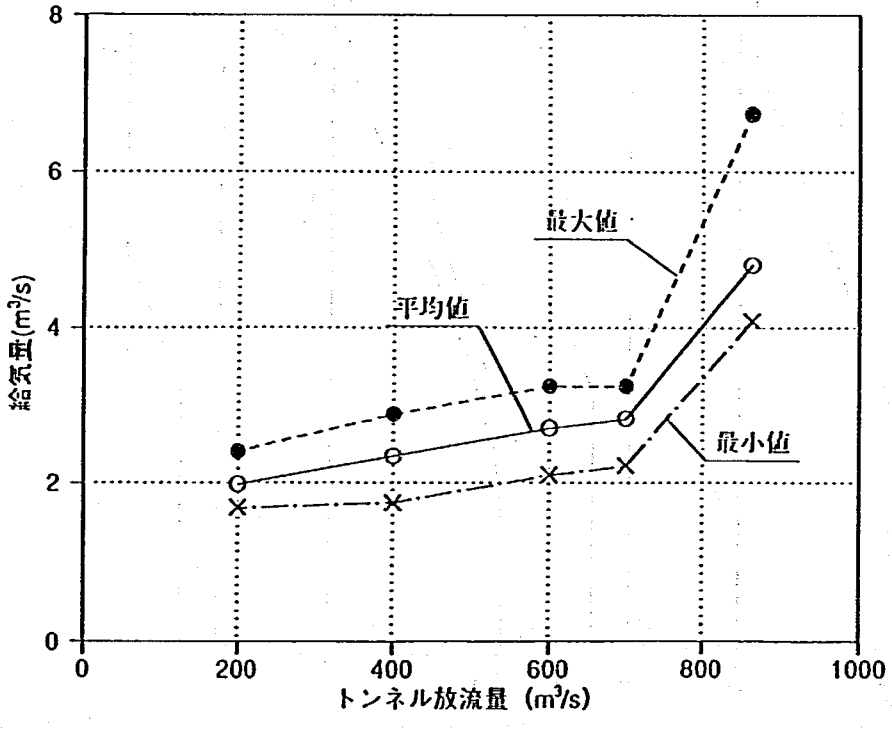
図－5.67　トンネル内風速（最終案，Q＝863㎥/s）



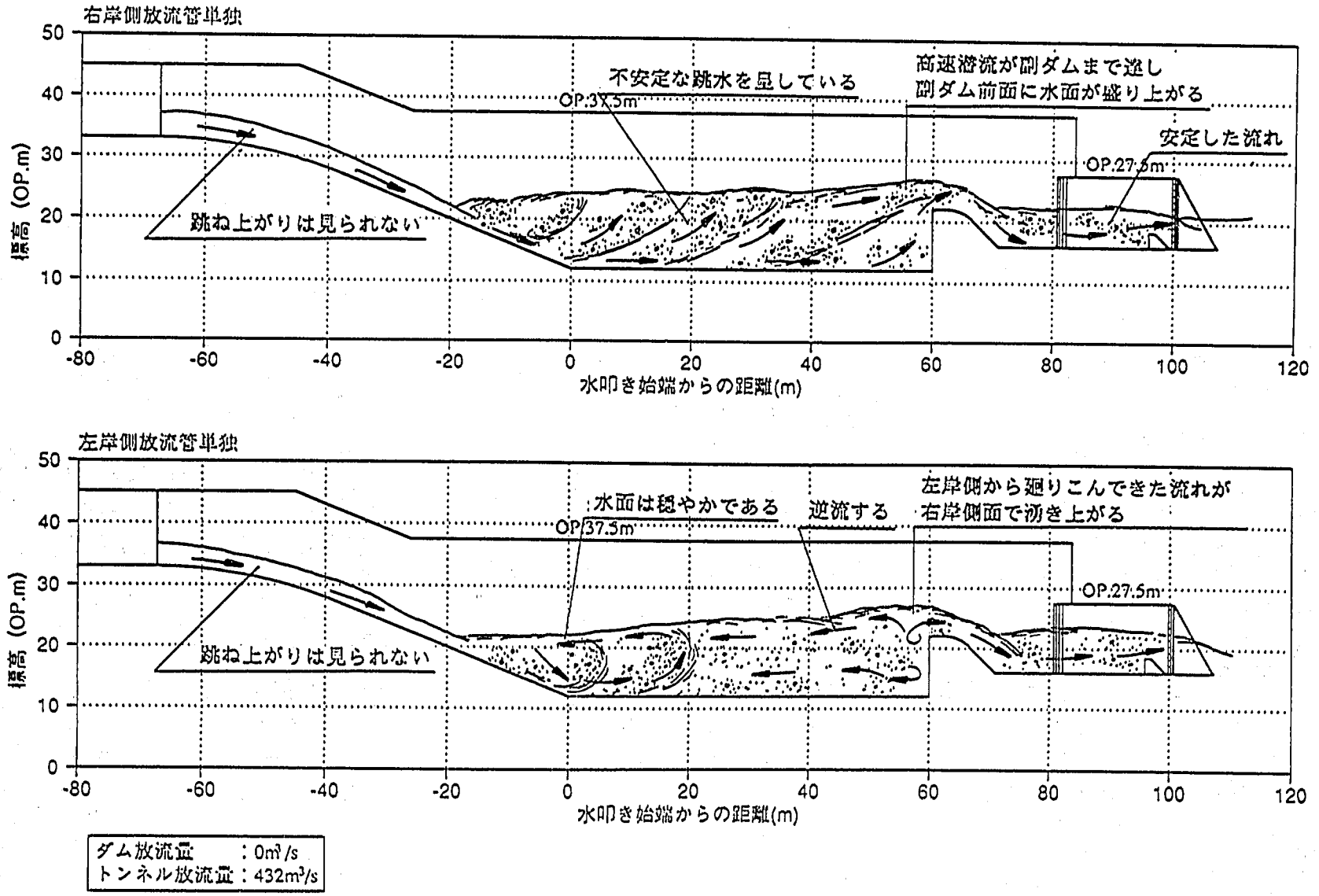
図－5.68　トンネル内風速（最終案，Q＝700㎥/s）



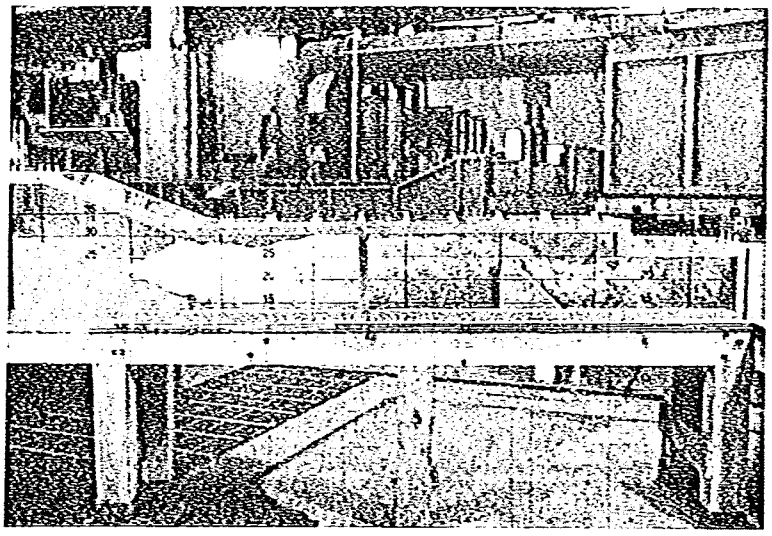
図－5.69　給気管内の風速（最終案）



図－5.70　給気管内の給気量（最終案）

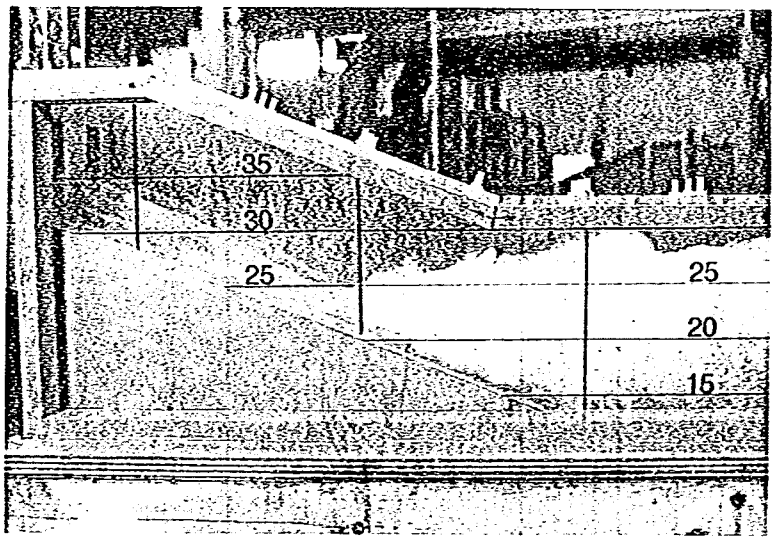


図－5.71　減勢工・副ダム減勢工流況（最終案，片側放流時）



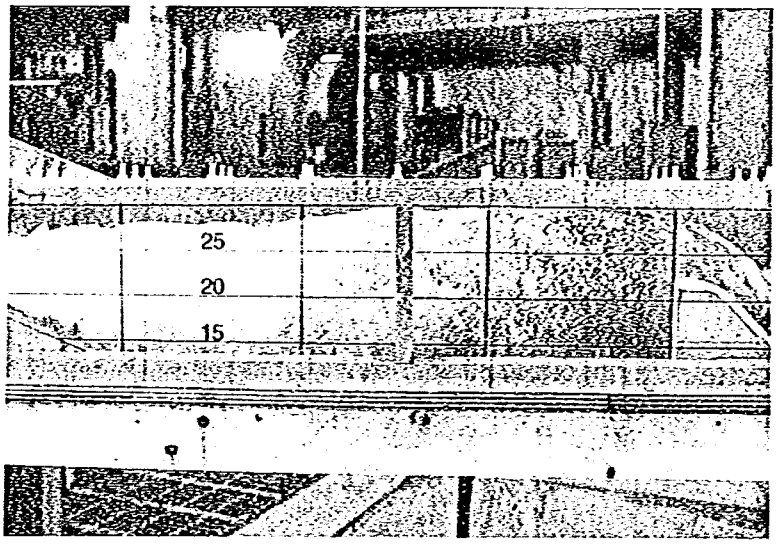
模型縮尺：1/80
Q＝700㎥/s

写真－5.1　減勢工水面形 a



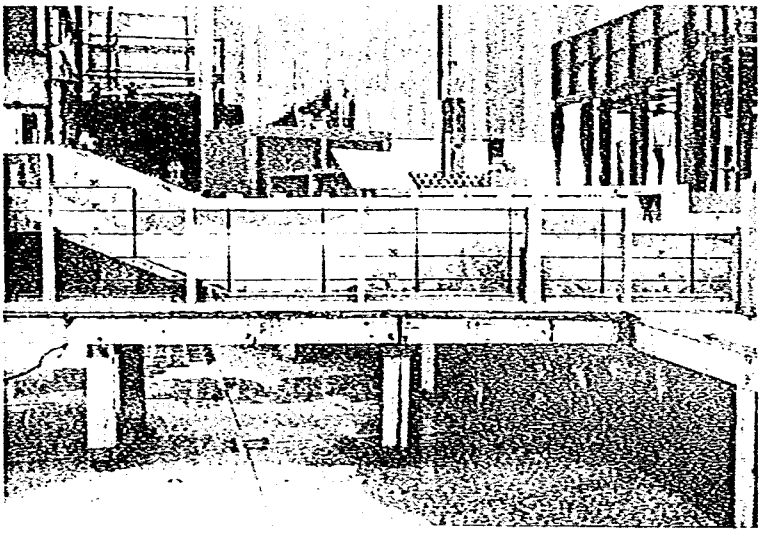
模型縮尺：1/80
Q＝700㎥/s

写真－5.2　減勢工水面形 b



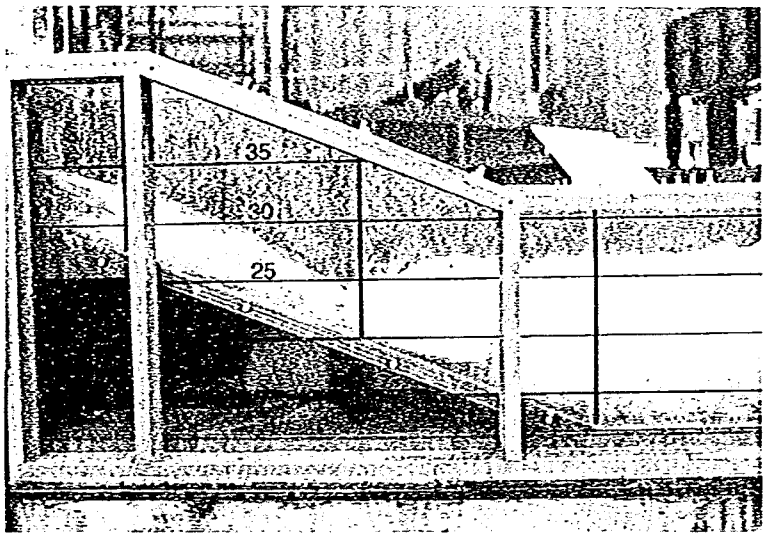
模型縮尺：1/80
Q＝700㎥/s

写真－5.3　減勢工水面形 c



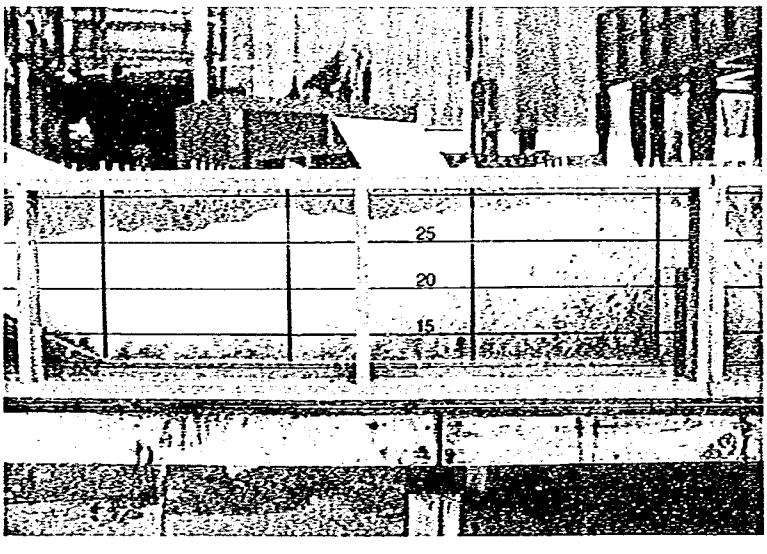
模型縮尺：1/62.5
Q＝700㎥/s

写真－5.4　減勢工水面形 a



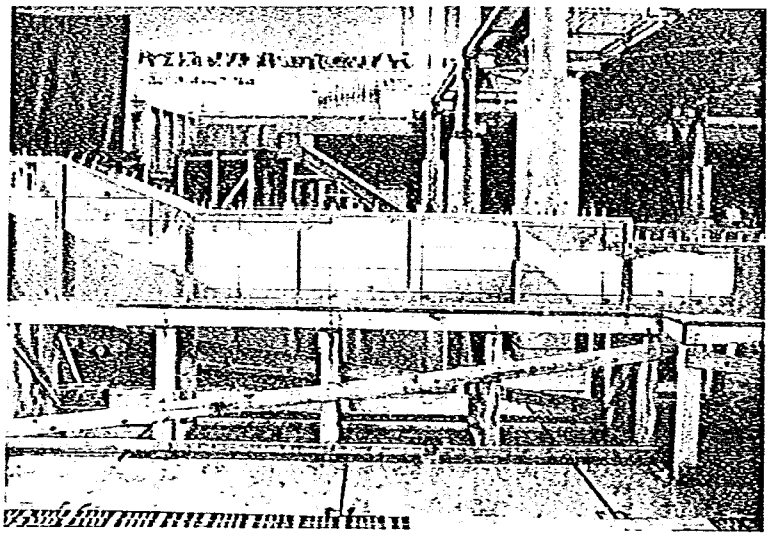
模型縮尺：1/62.5
Q＝700㎥/s

写真－5.5　減勢工水面形 b



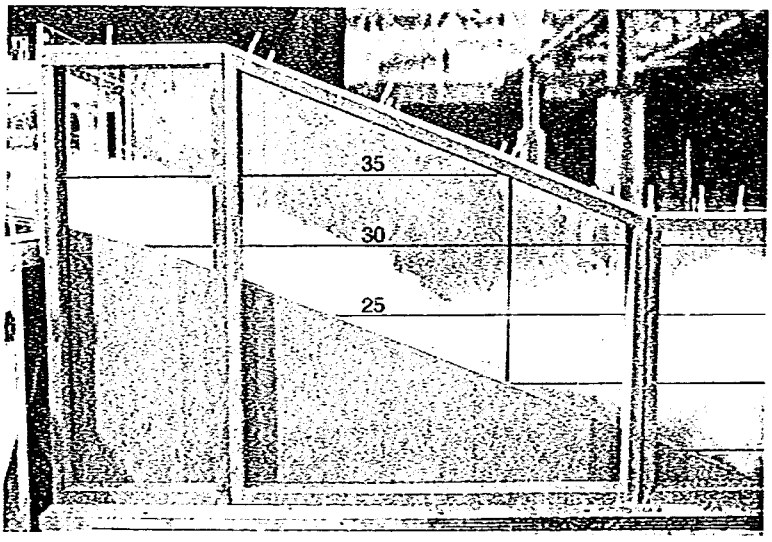
模型縮尺：1/62.5
Q＝700㎥/s

写真－5.6　減勢工水面形 c



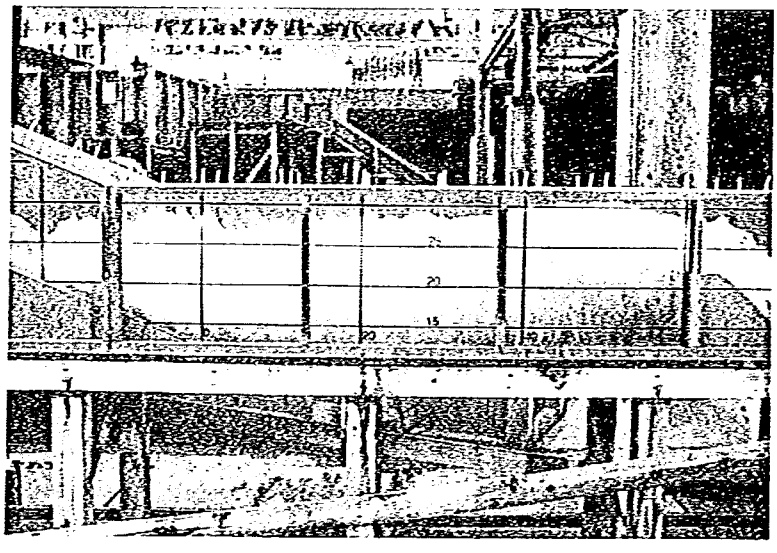
模型縮尺：1/40
Q＝700㎥/s

写真－5.7　減勢工水面形 a



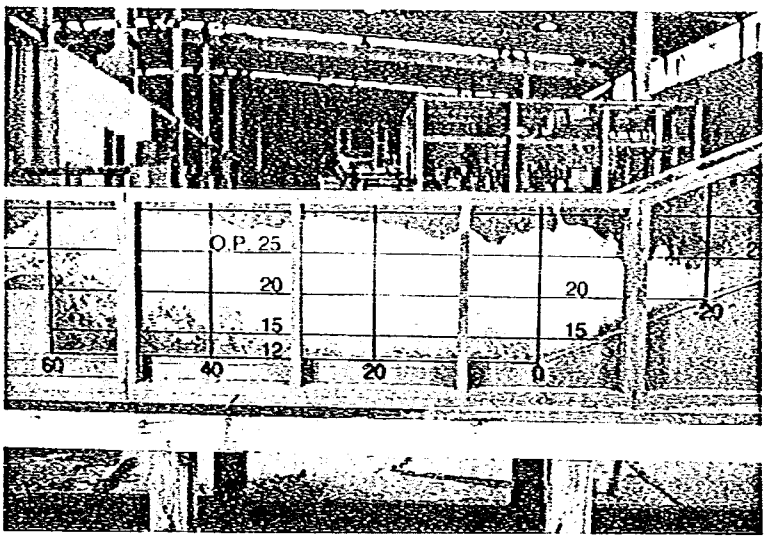
模型縮尺：1/40
Q＝700㎥/s

写真－5.8　減勢工水面形 b



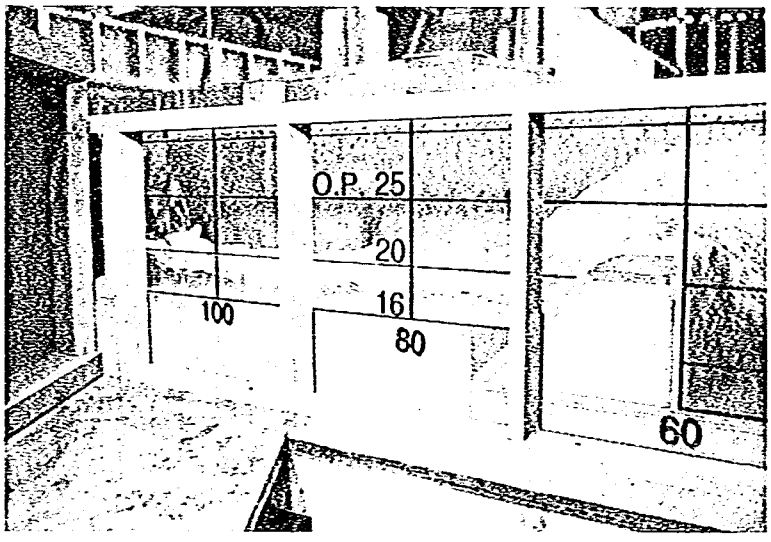
模型縮尺：1/40
Q＝700㎥/s

写真－5.9　減勢工水面形 c



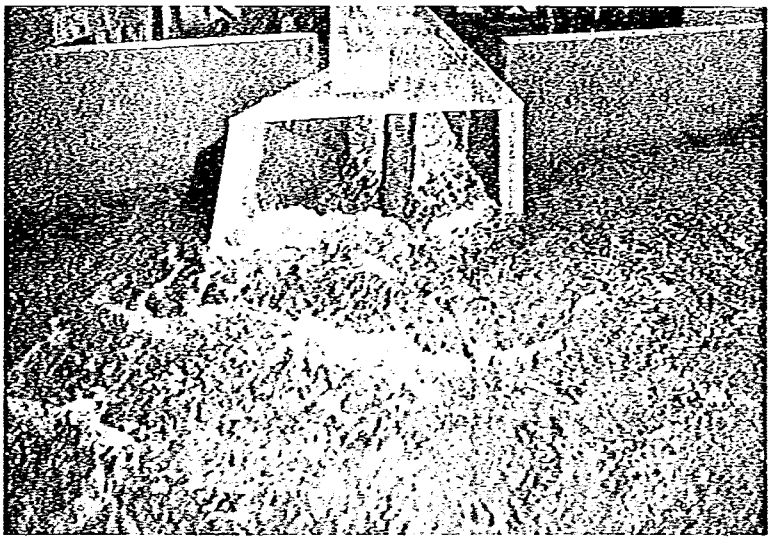
比較案C 1
水叩き長：60m
副ダム高：10m
シルなし
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s

写真－5.10　減勢工流況



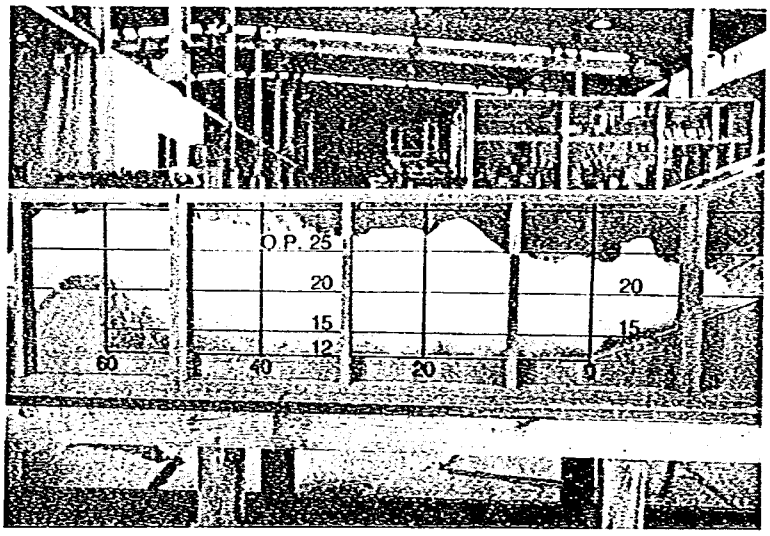
比較案C 1
水叩き長：60m
副ダム高：10m
シルなし
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s

写真－5.11　減勢工流況



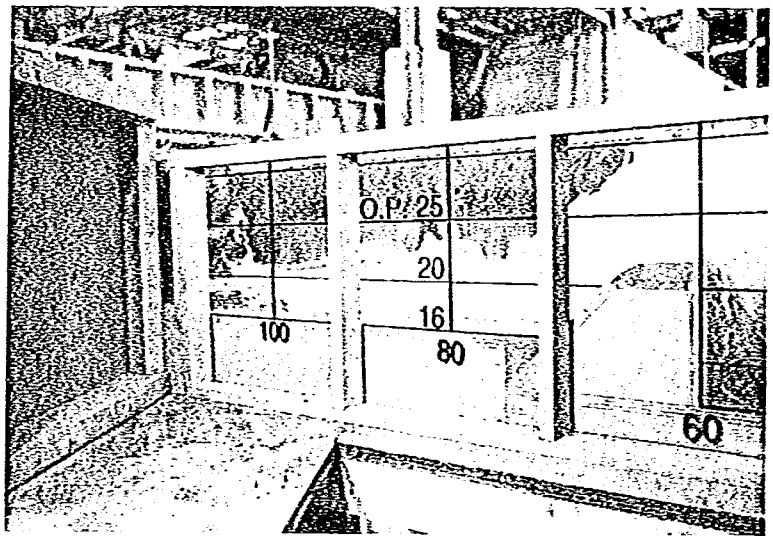
比較案C 1
水叩き長：60m
副ダム高：10m
シルなし
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s

写真－5.12　減勢工流況



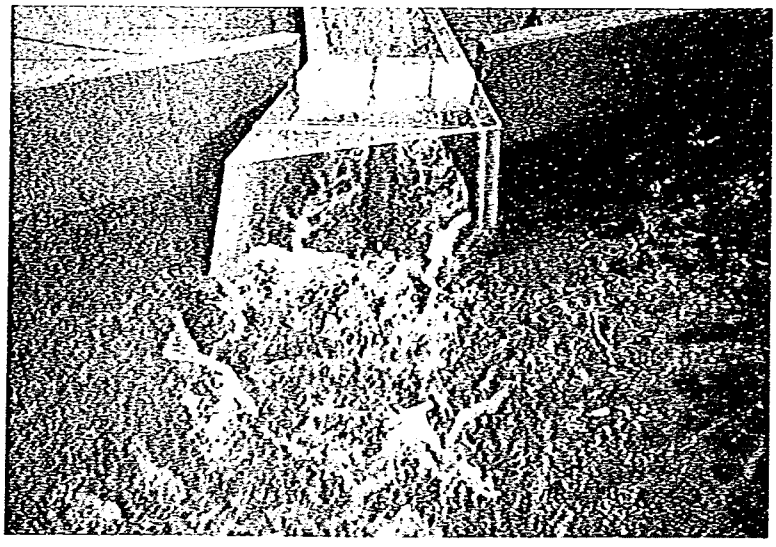
比較案C 1
水叩き長：60m
副ダム高：10m
シルなし
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－5.13　減勢工流況



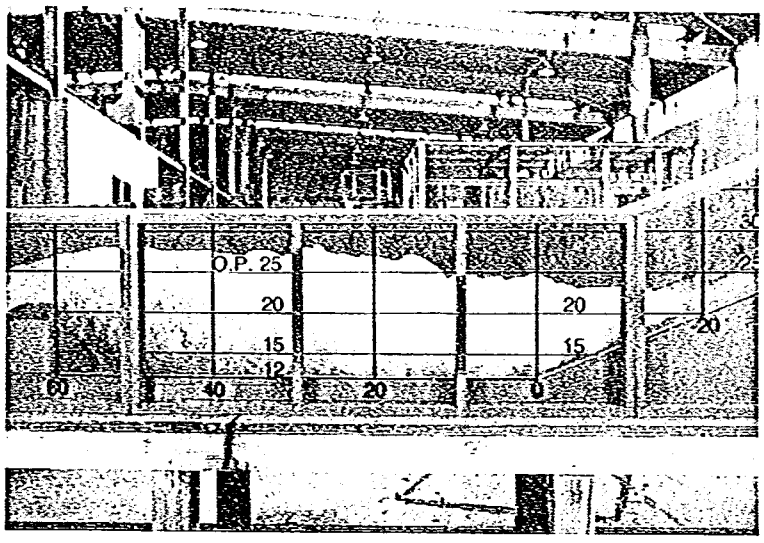
比較案C 1
水叩き長：60m
副ダム高：10m
シルなし
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－5.14　減勢工流況



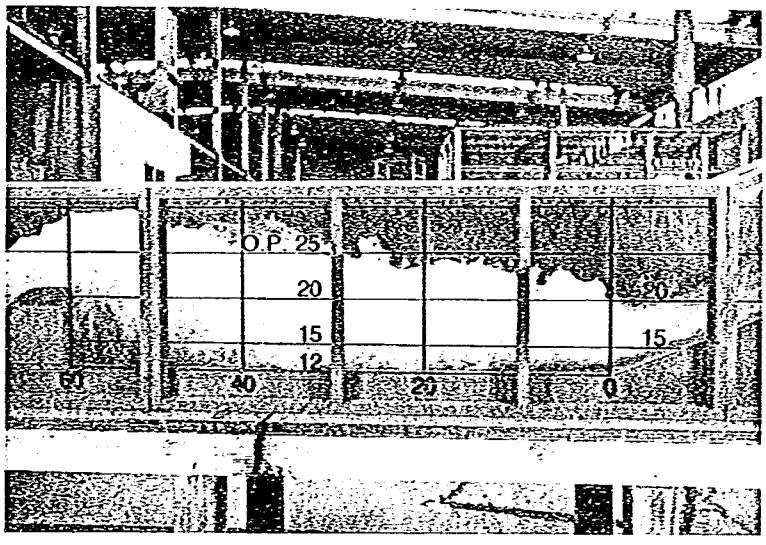
比較案C 1
水叩き長：60m
副ダム高：10m
シルなし
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－5.15　減勢工流況



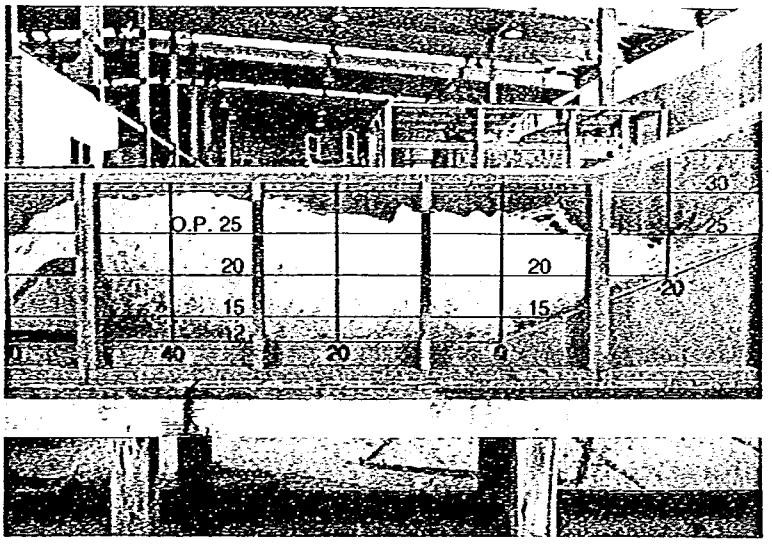
比較案C 2
水叩き長：60m
副ダム高： 9m
シルなし
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s

写真－5.16　減勢工流況



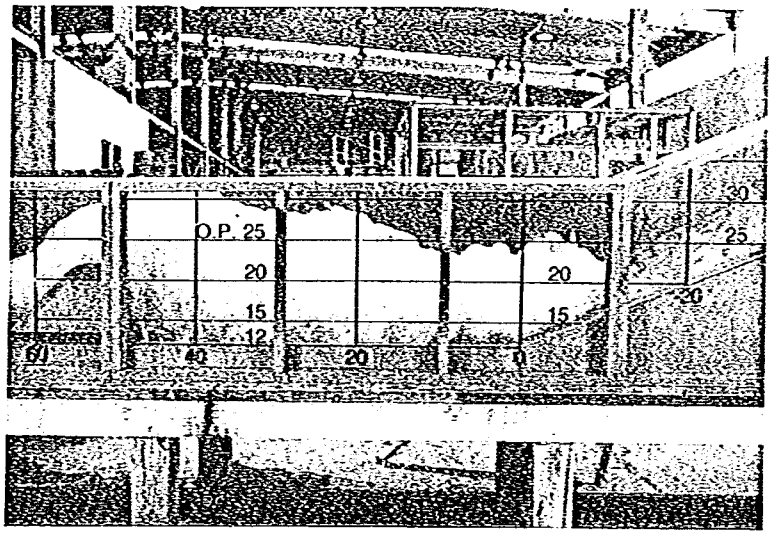
比較案C 2
水叩き長：60m
副ダム高： 9m
シルなし
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－5.17　減勢工流況



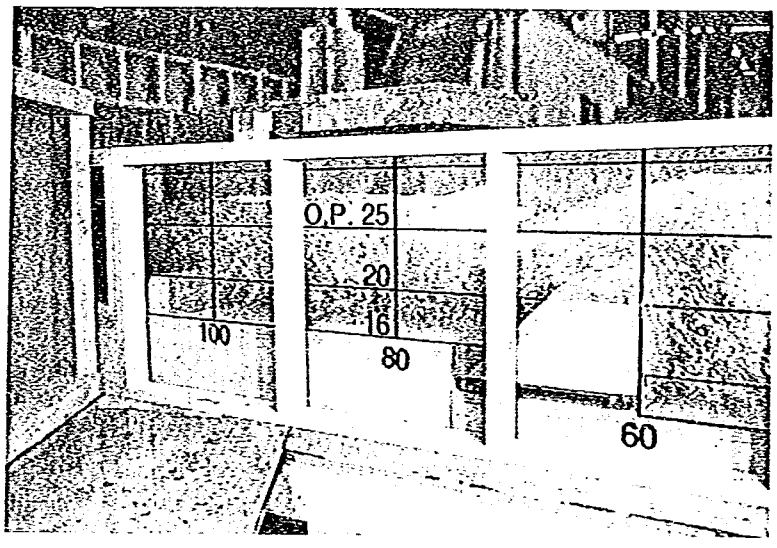
比較案C 3
水叩き長：50m
副ダム高：10m
シルなし
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s

写真－5.18　減勢工流況



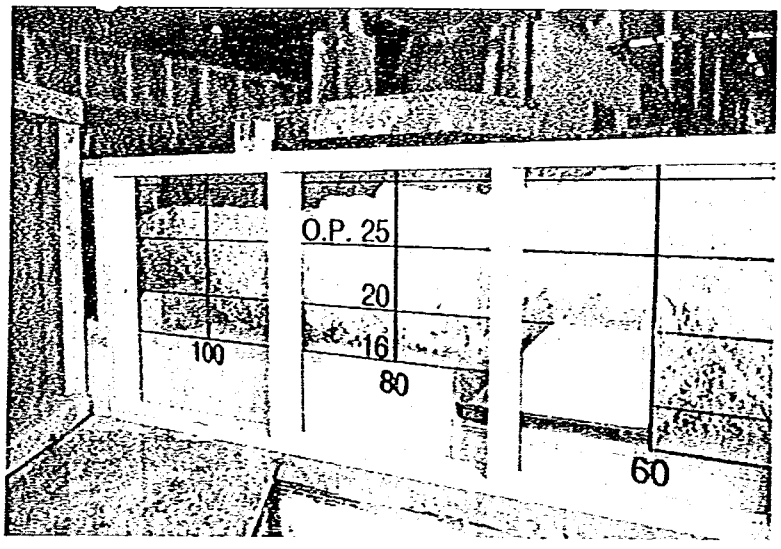
比較案C 3
水叩き長：50m
副ダム高：10m
シルなし
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－5.19　減勢工流況



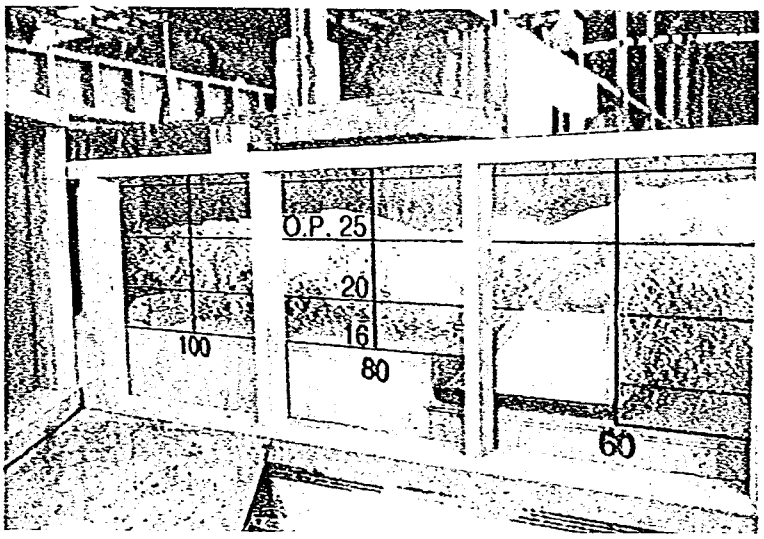
比較案C 5
二次減勢工水叩き長：35m
シル高：4m
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s

写真－5.20　減勢工流況



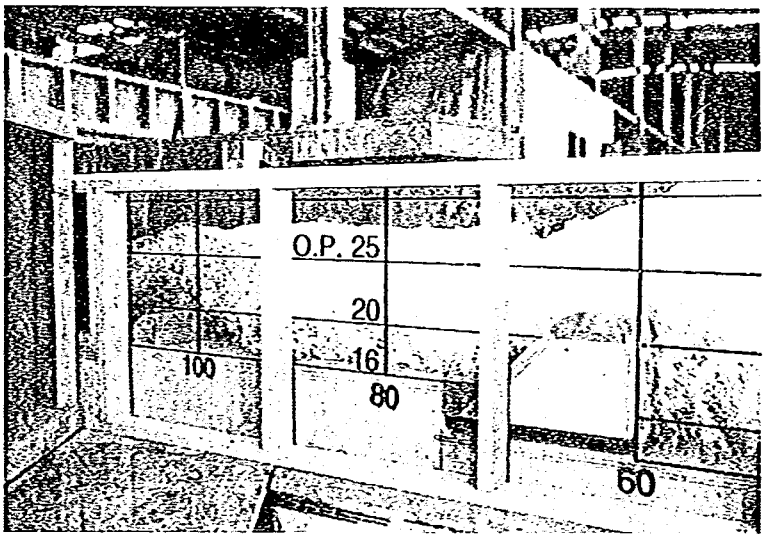
比較案C 5
二次減勢工水叩き長：35m
シル高：4m
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－5.21　減勢工流況



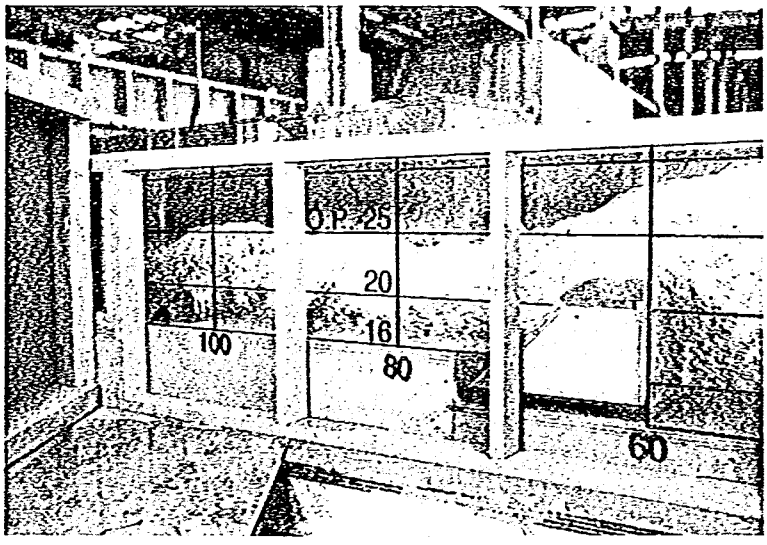
写真－5.22　減勢工流況

比較案C 6
二次減勢工水叩き長：35m
シル高：3m
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s



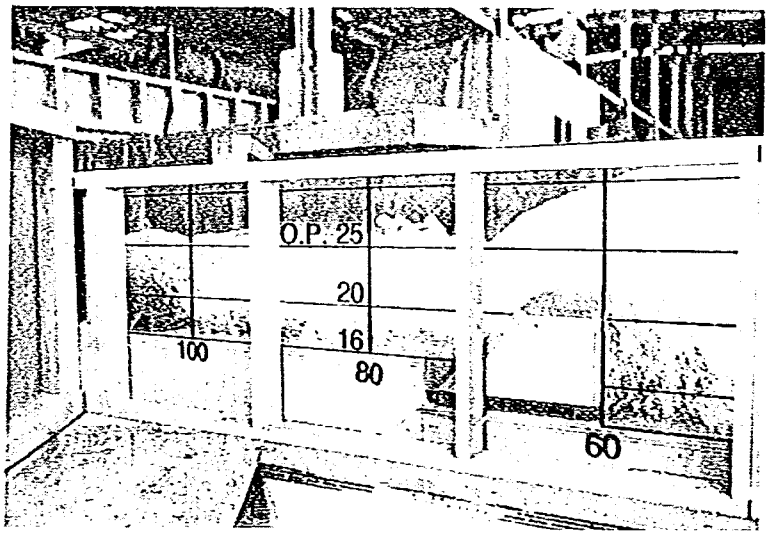
写真－5.23　減勢工流況

比較案C 6
二次減勢工水叩き長：35m
シル高：3m
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s



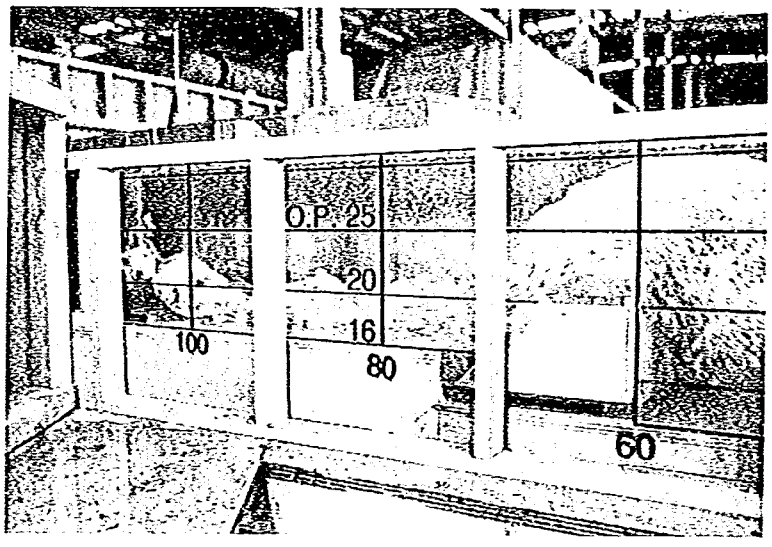
写真－5.24　減勢工流況

比較案C 7
二次減勢工水叩き長：35m
シル高：2m
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s



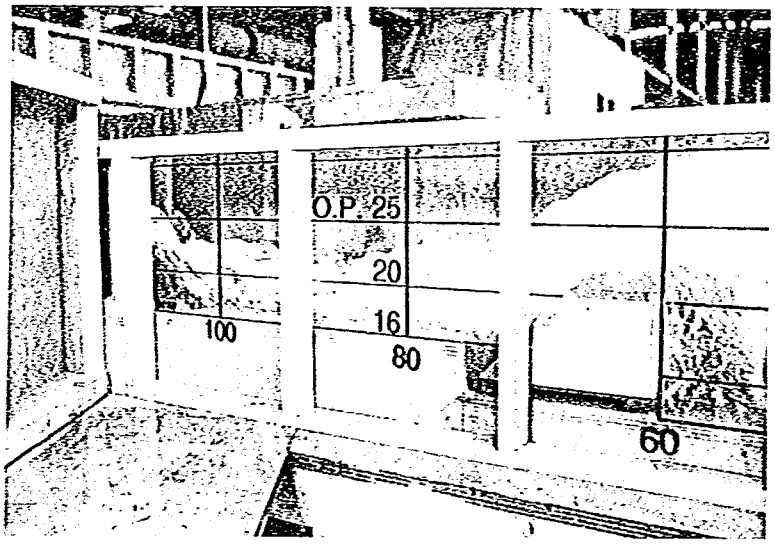
比較案C 7
二次減勢工水叩き長：35m
シル高：2m
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－5.25　減勢工流況



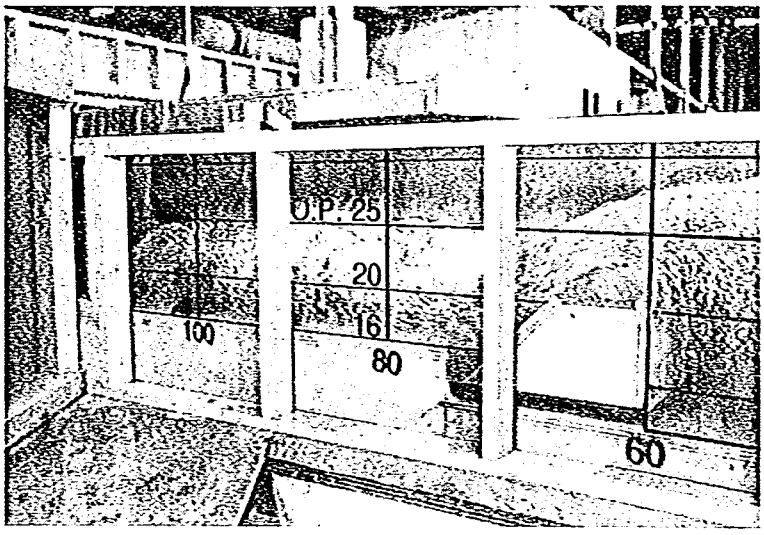
比較案C 8
二次減勢工水叩き長：35m
シル高：1m
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s

写真－5.26　減勢工流況



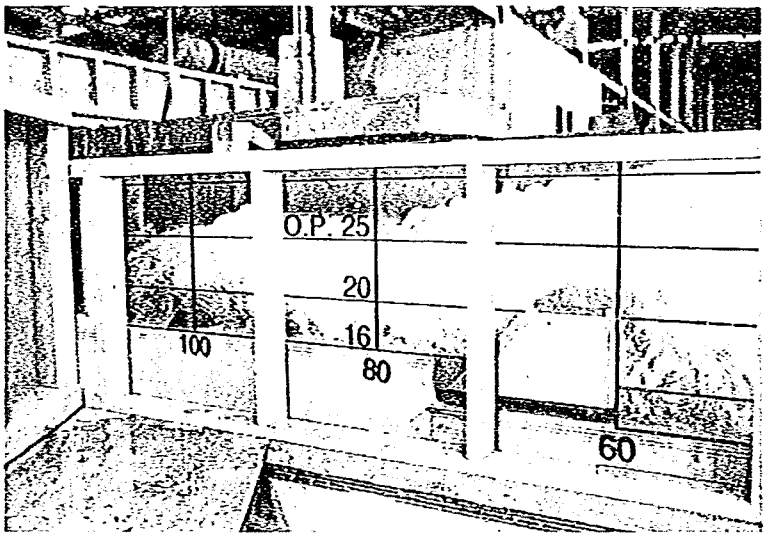
比較案C 8
二次減勢工水叩き長：35m
シル高：1m
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－5.27　減勢工流況



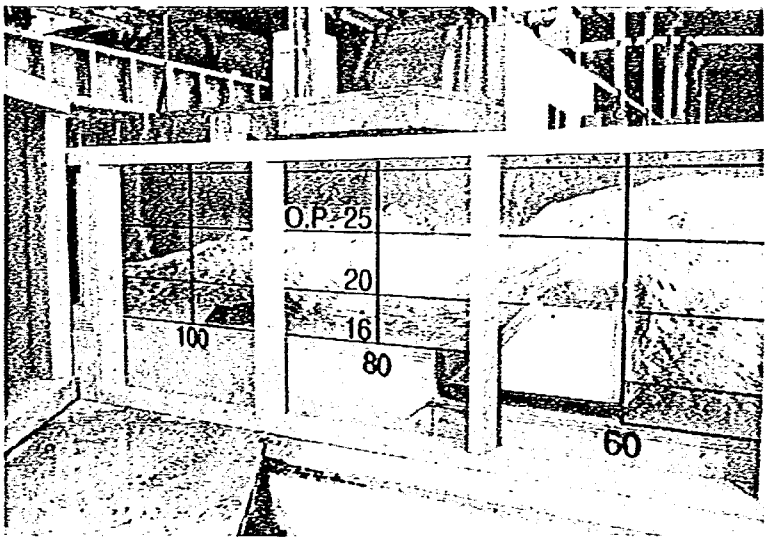
写真－5.28　減勢工流況

比較案C 9
二次減勢工水叩き長：30m
シル高：2m
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s



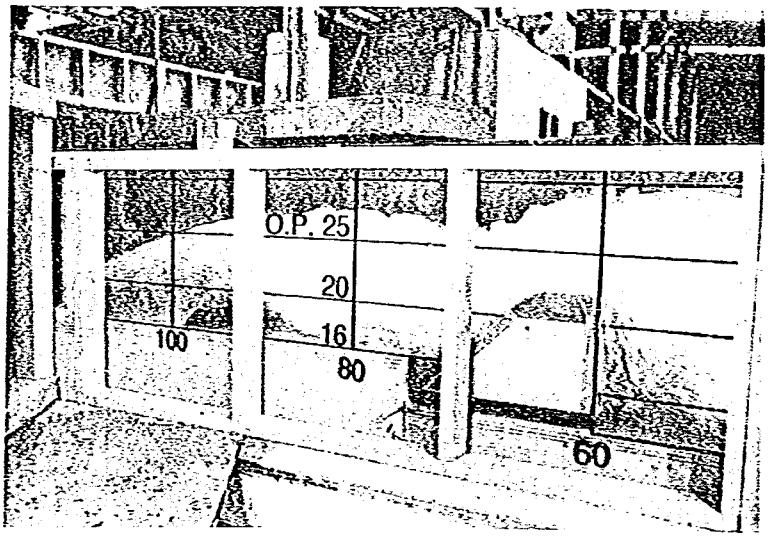
写真－5.29　減勢工流況

比較案C 9
二次減勢工水叩き長：30m
シル高：2m
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s



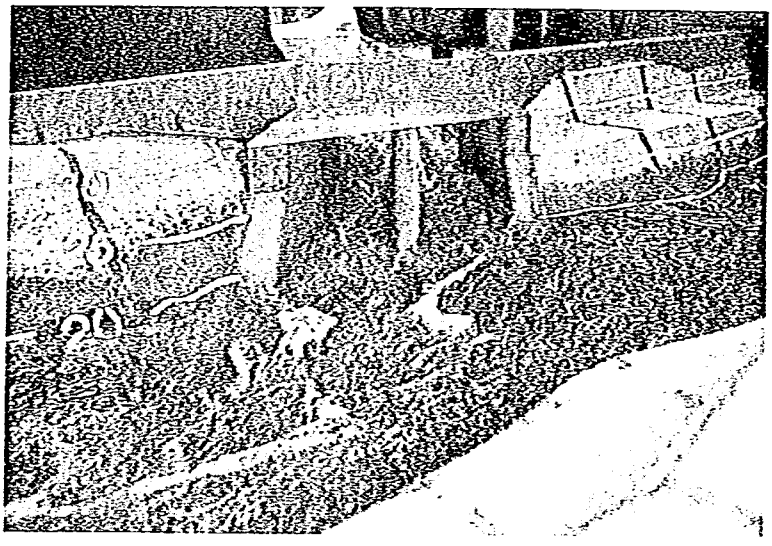
写真－5.30　減勢工流況

比較案C10
二次減勢工水叩き長：25m
シル高：1m
H＝O.P.67.1m
Q＝700㎥/s



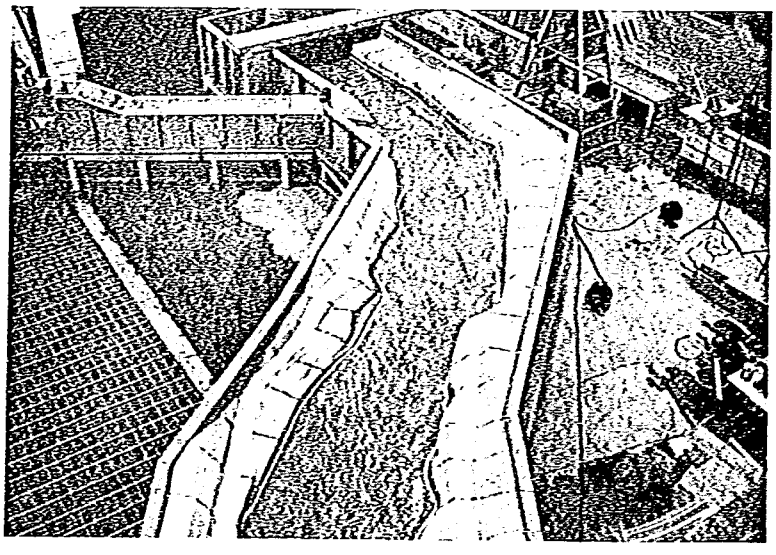
比較案C10
二次減勢工水叩き長：25m
シル高：1m
H＝O.P.78.5m
Q＝863㎥/s

写真－5.31　減勢工流況



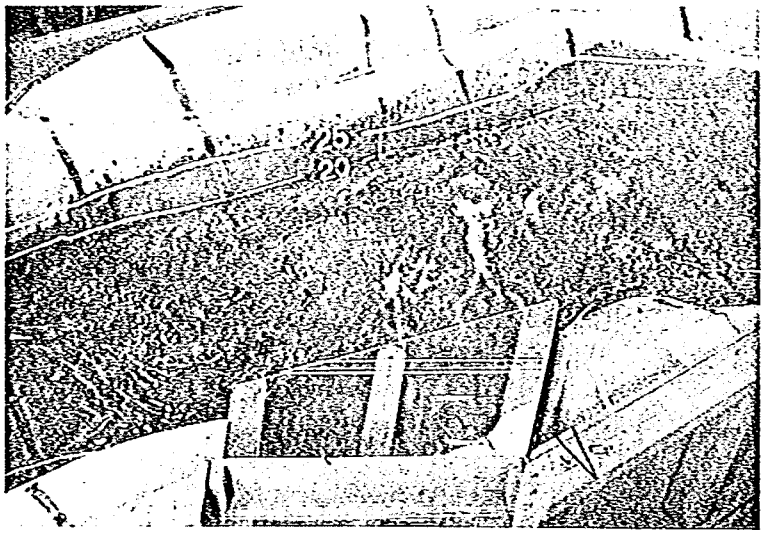
ダム本体：Q＝0㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
断面№21水位：O.P.20.333m

写真－5.32　下流河道流況 a



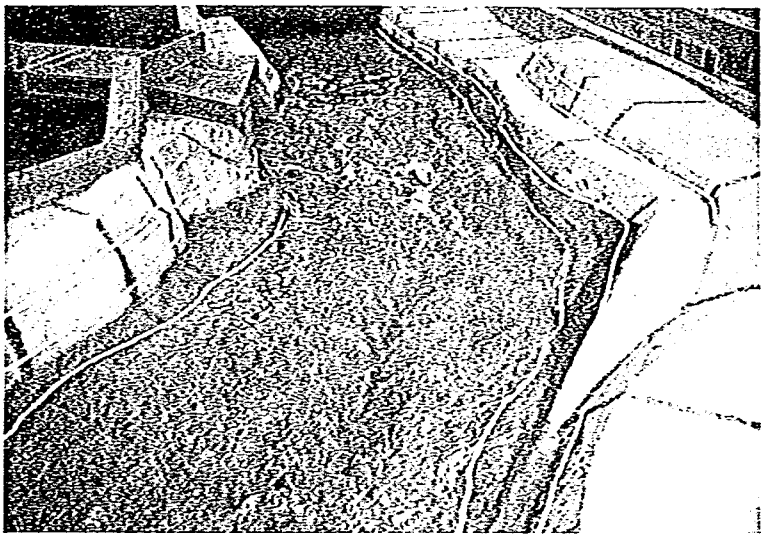
ダム本体：Q＝0㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
断面№21水位：O.P.20.333m

写真－5.33　下流河道流況 b



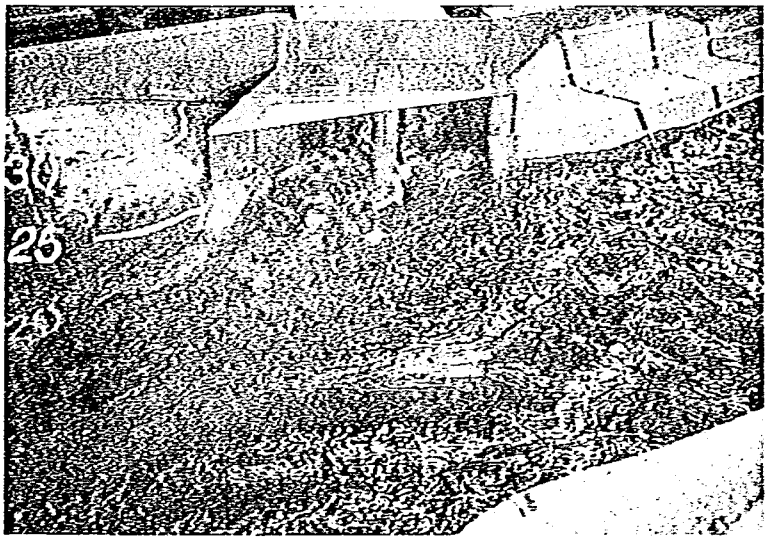
ダム本体：Q＝0㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
断面No21水位：O.P.20.333m

写真－5.34　下流河道流況 c



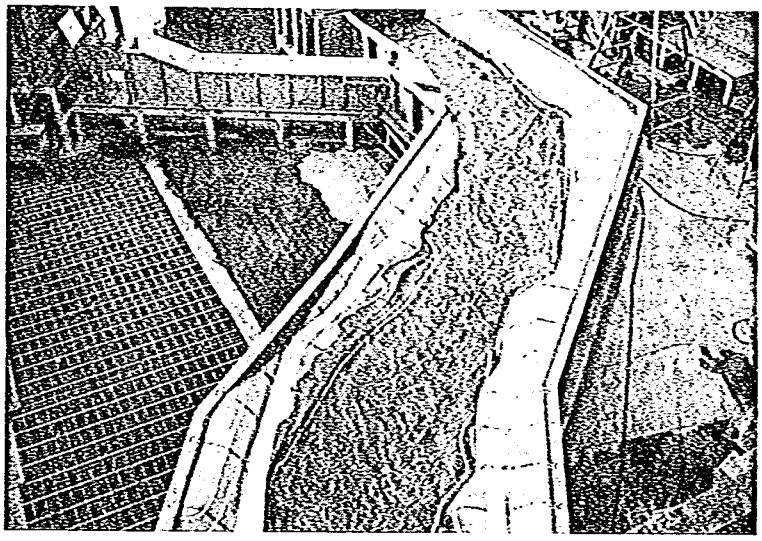
ダム本体：Q＝0㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
断面No21水位：O.P.20.333m

写真－5.35　下流河道流況 d



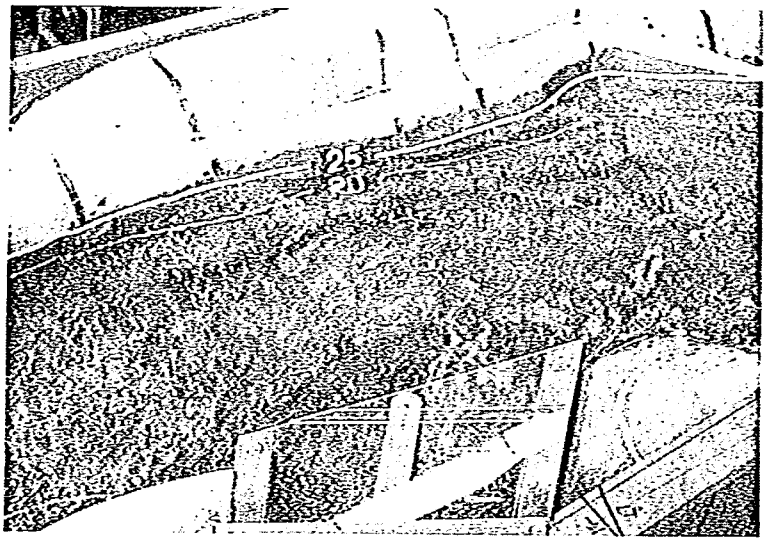
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
断面No21水位：O.P.22.492m

写真－5.36　下流河道流況 a



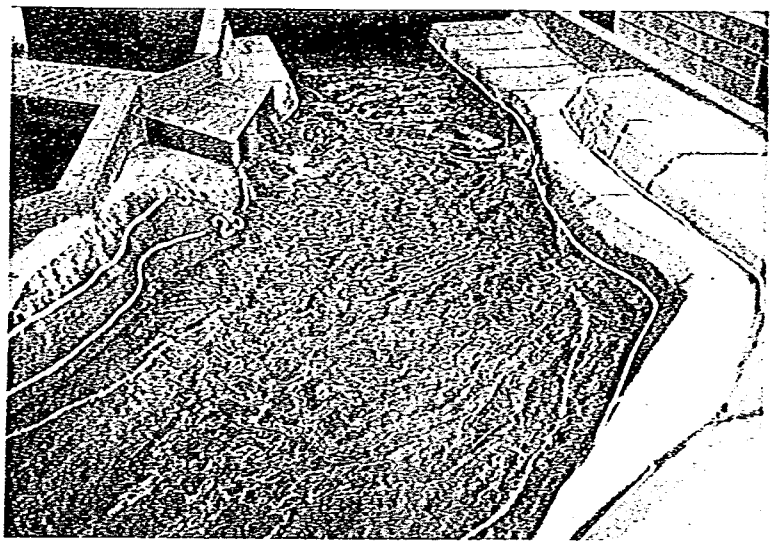
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
断面№21水位：O.P.22.492m

写真－5.37　下流河道流況 b



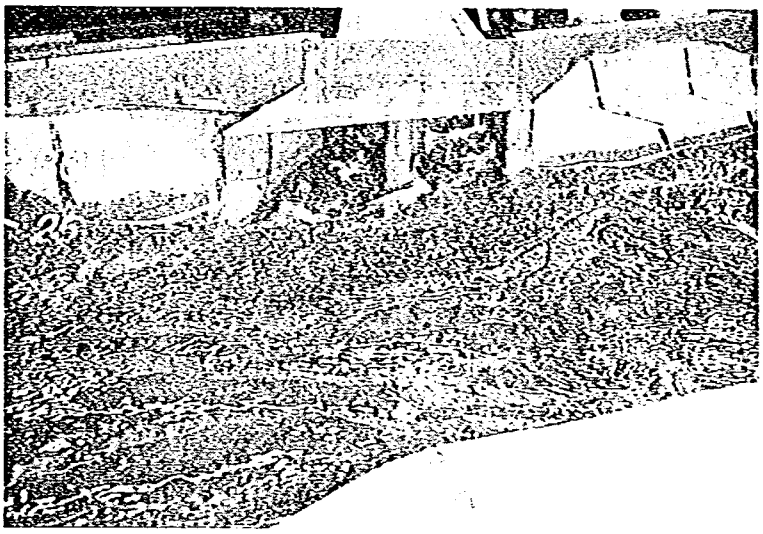
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
断面№21水位：O.P.22.492m

写真－5.38　下流河道流況 c



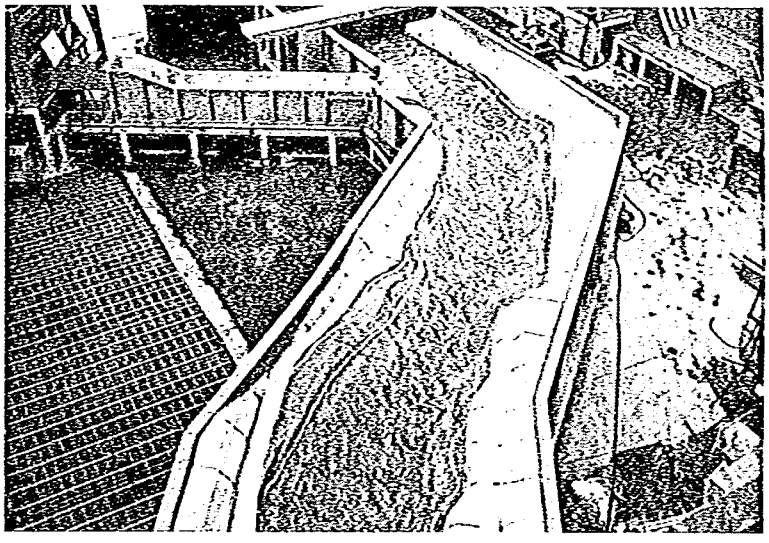
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
断面№21水位：O.P.22.492m

写真－5.39　下流河道流況 d



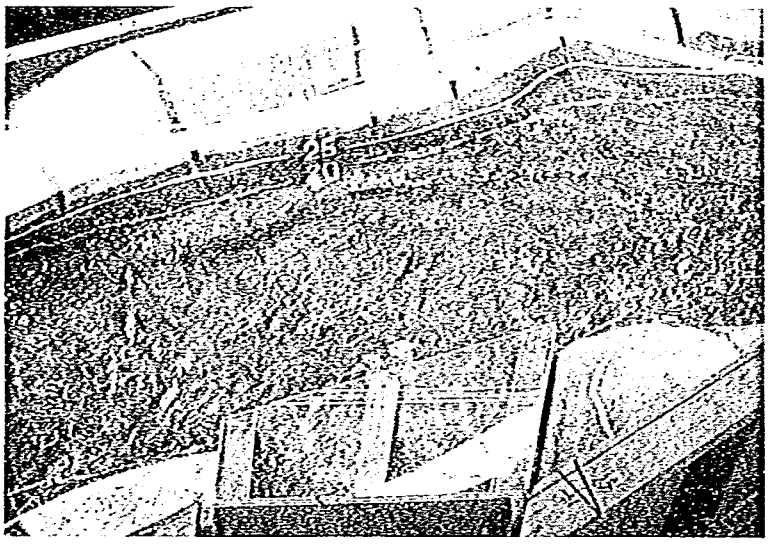
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
断面No8水位：O.P.24m

写真－5.40　下流河道流況 a



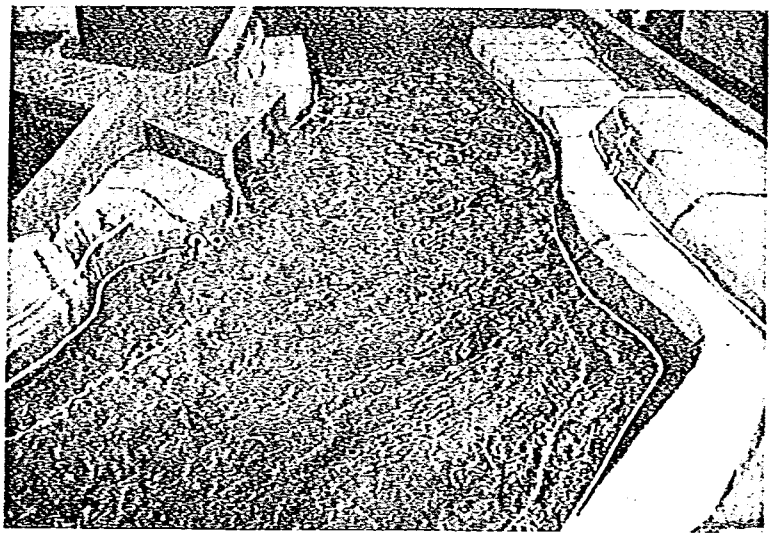
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
断面No8水位：O.P.24m

写真－5.41　下流河道流況 b



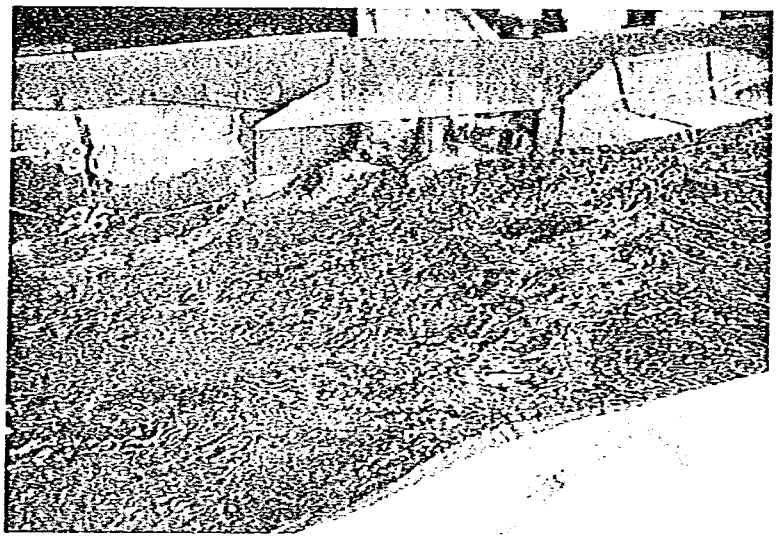
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
断面No8水位：O.P.24m

写真－5.42　下流河道流況 c



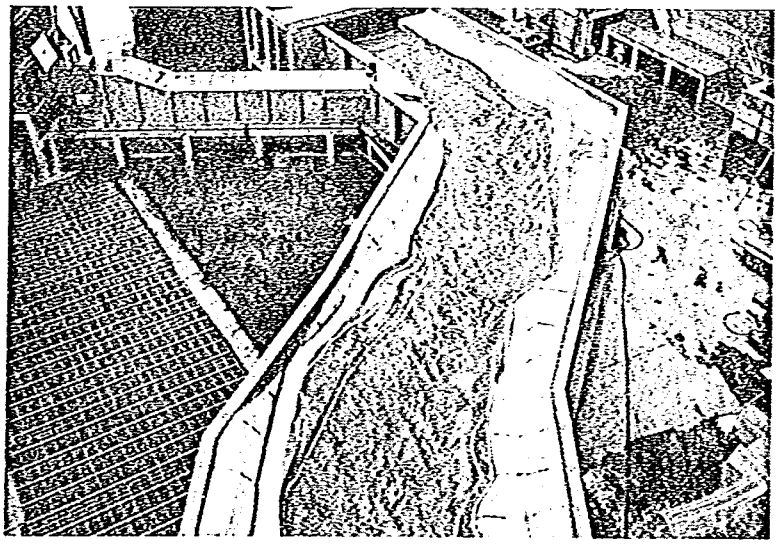
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
断面No8水位：O.P.24m

写真－5.43　下流河道流況 d



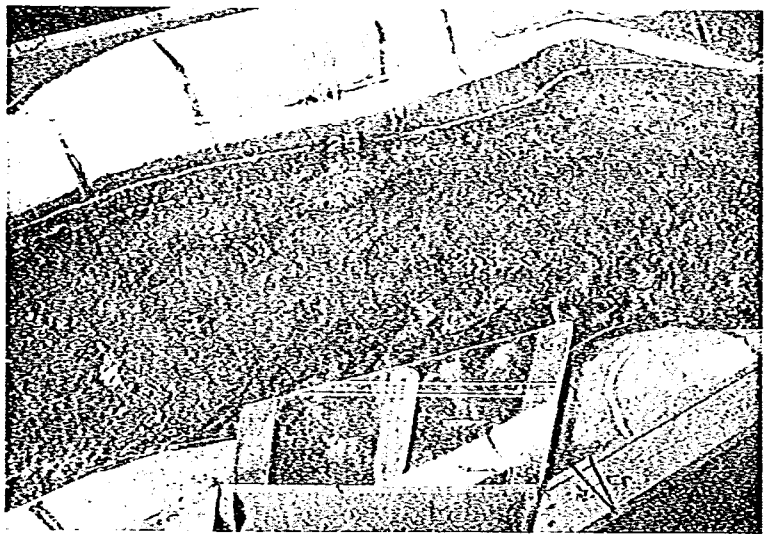
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
断面No21水位：O.P.24.9m

写真－5.44　下流河道流況 a



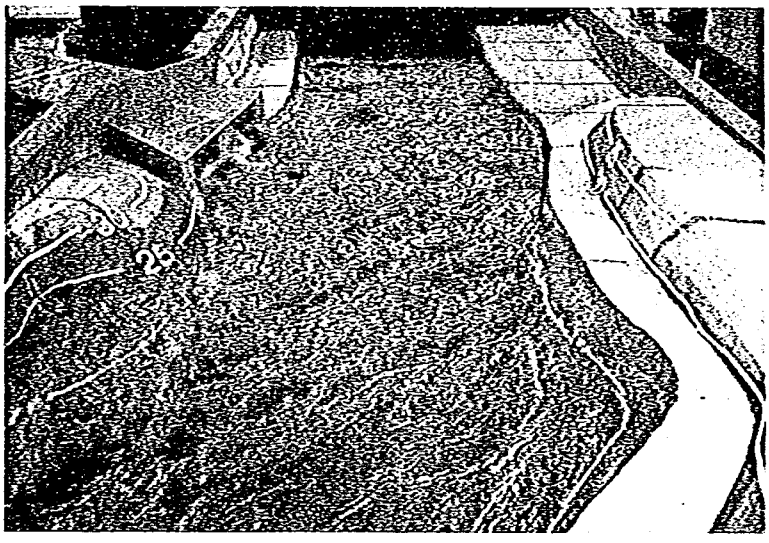
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
断面No21水位：O.P.24.9m

写真－5.45　下流河道流況 b



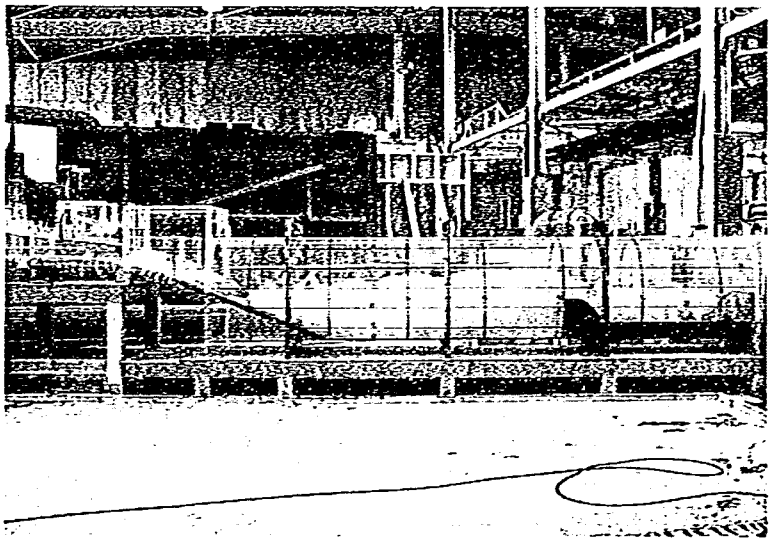
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
断面No21水位：O.P.24.9m

写真－5.46　下流河道流況 c



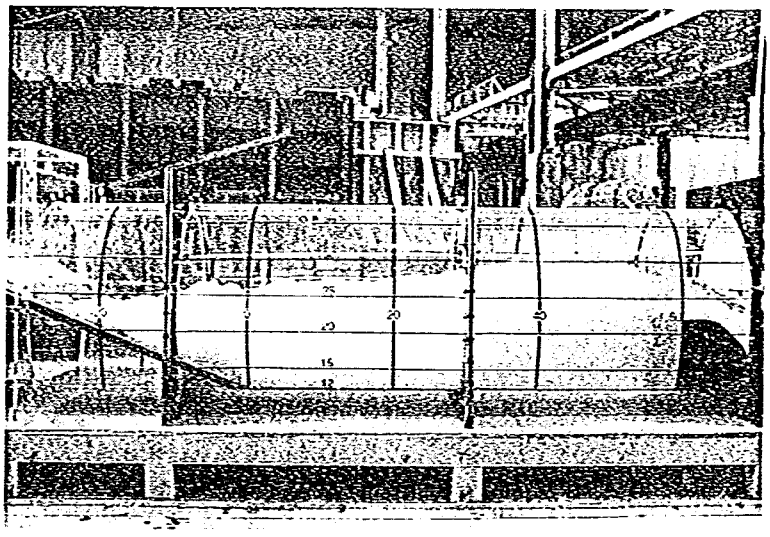
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
断面No21水位：O.P.24.9m

写真－5.47　下流河道流況 d



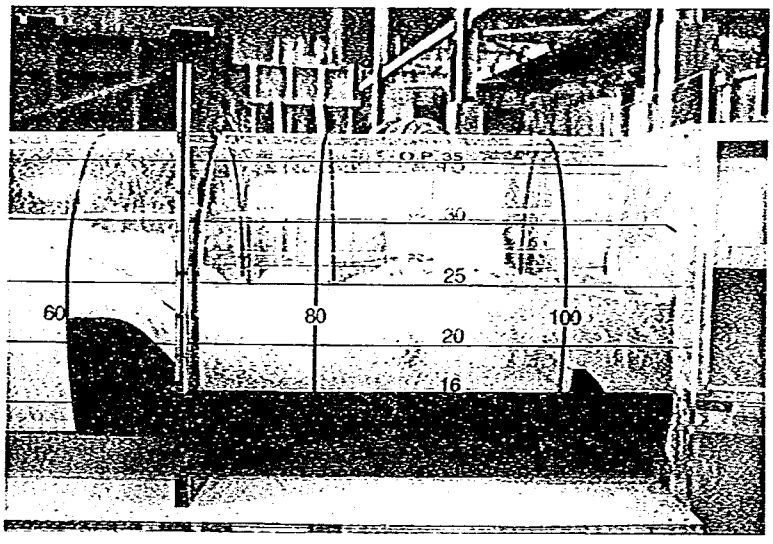
原案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No 8 水位：O.P.24m

写真－5.48　減勢工流況 a



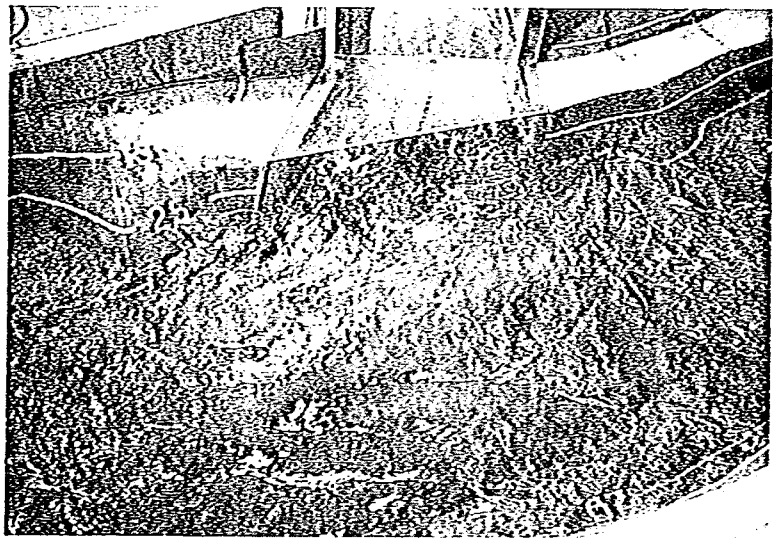
原案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8 水位：O.P.24m

写真－5.49　減勢工流況 b



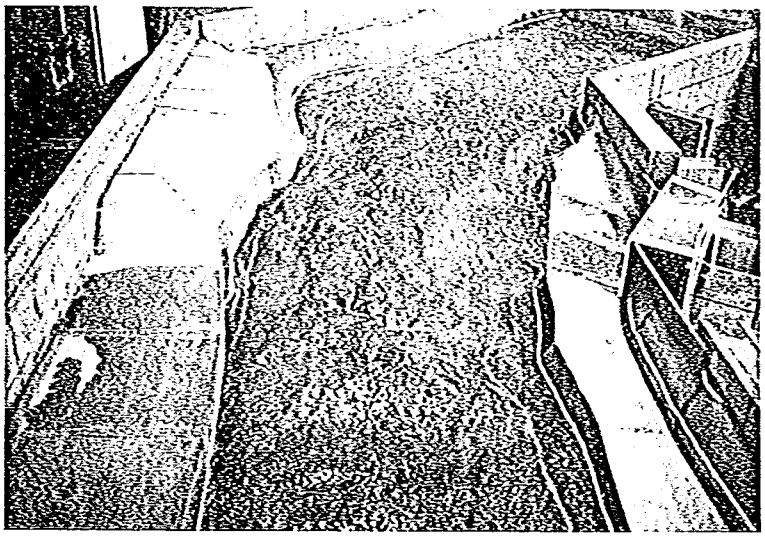
原案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8 水位：O.P.24m

写真－5.50　減勢工流況 c



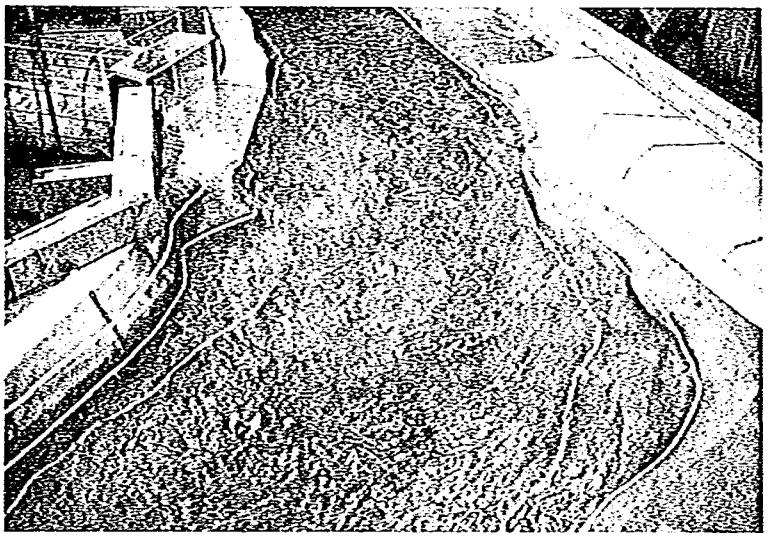
原案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8 水位：O.P.25m

写真－5.51　減勢工流況 d



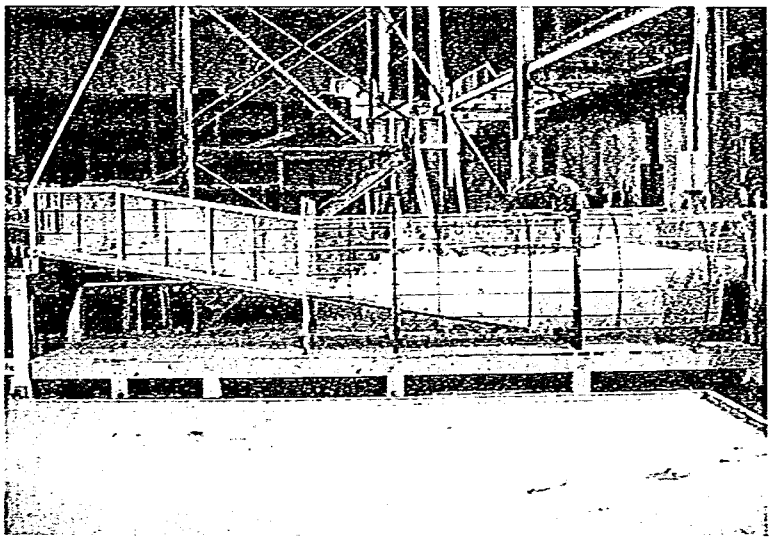
写真－5.52　減勢工流況 e

原案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.25m



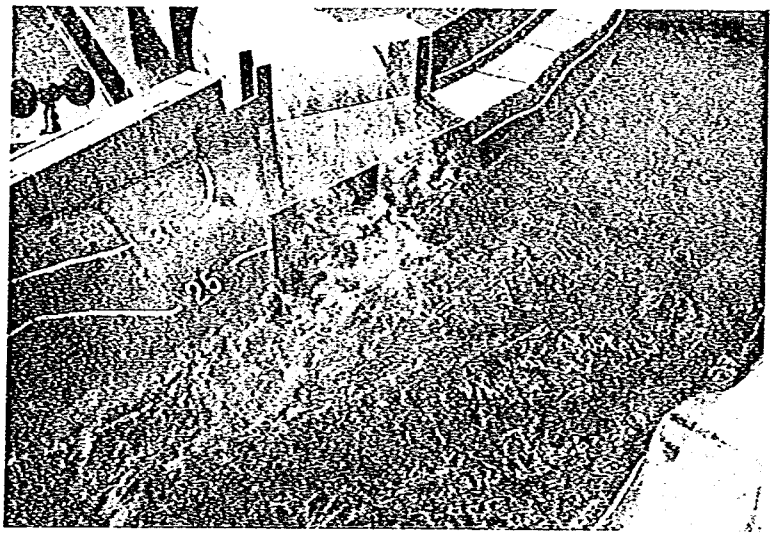
写真－5.53　減勢工流況 f

原案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.25m



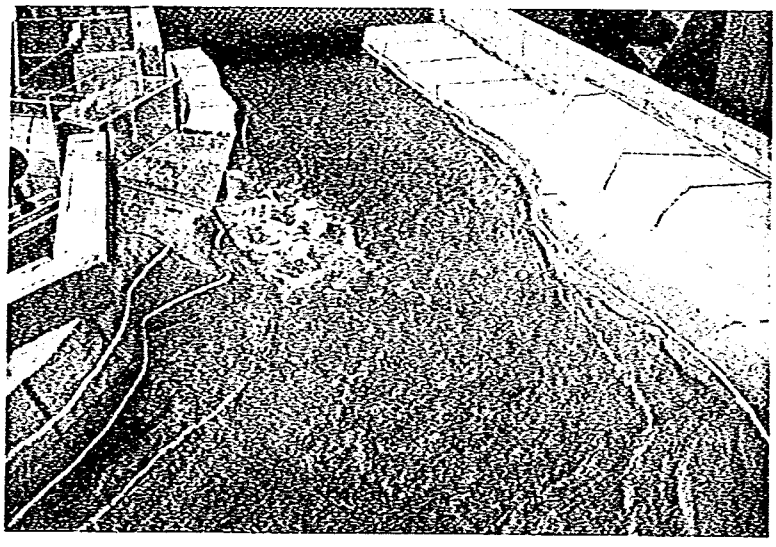
写真－5.54　減勢工流況 a

比較案C11
Type 1
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.22.75m



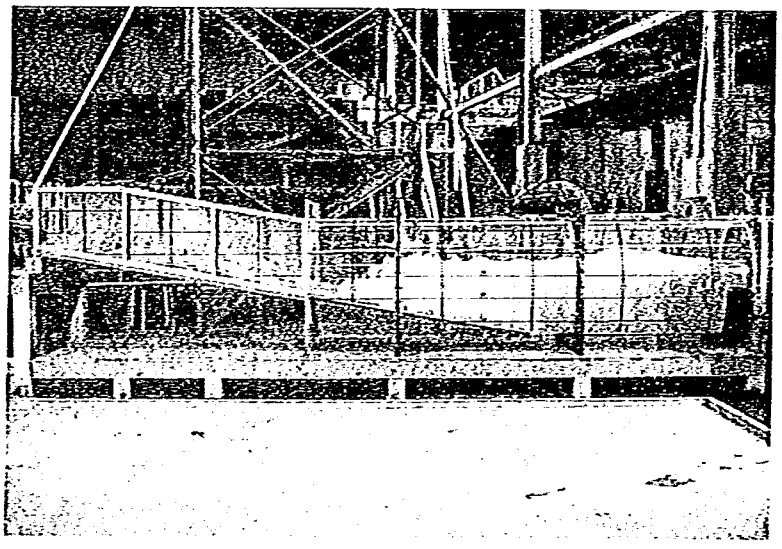
比較案C11
Type 1
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8水位：O.P.22.75m

写真－5.55　減勢工流況b



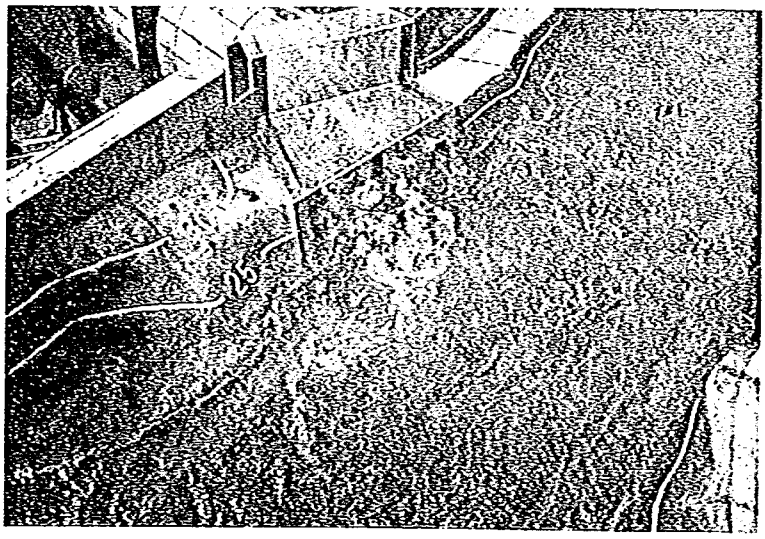
比較案C11
Type 1
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8水位：O.P.22.75m

写真－5.56　減勢工流況c



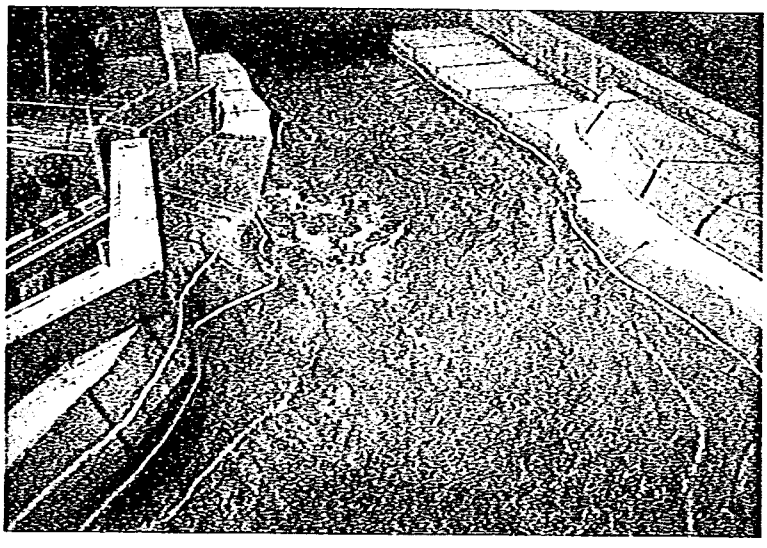
比較案C11
Type 1
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8水位：O.P.24m

写真－5.57　減勢工流況a



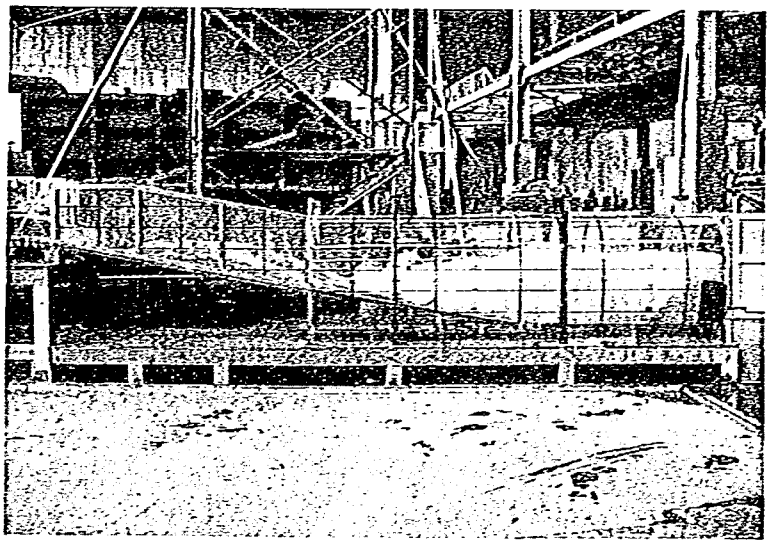
比較案C11
Type 1
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.24m

写真－5.58　減勢工流況 b



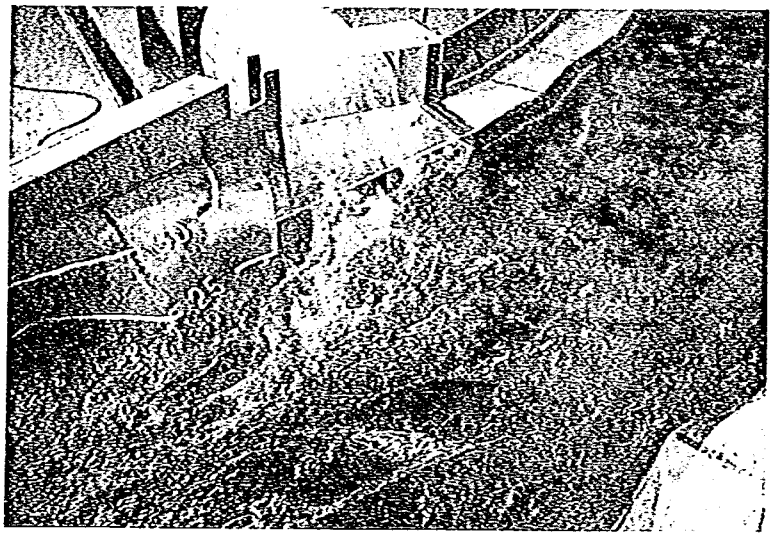
比較案C11
Type 1
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.24m

写真－5.59　減勢工流況 c



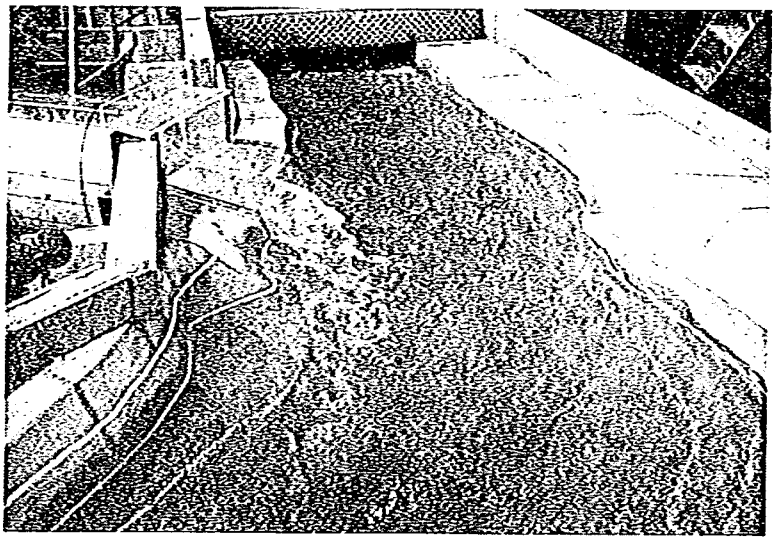
比較案C11
Type 1
H：O.P.78.5m
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.25.515m

写真－5.60　減勢工流況 a



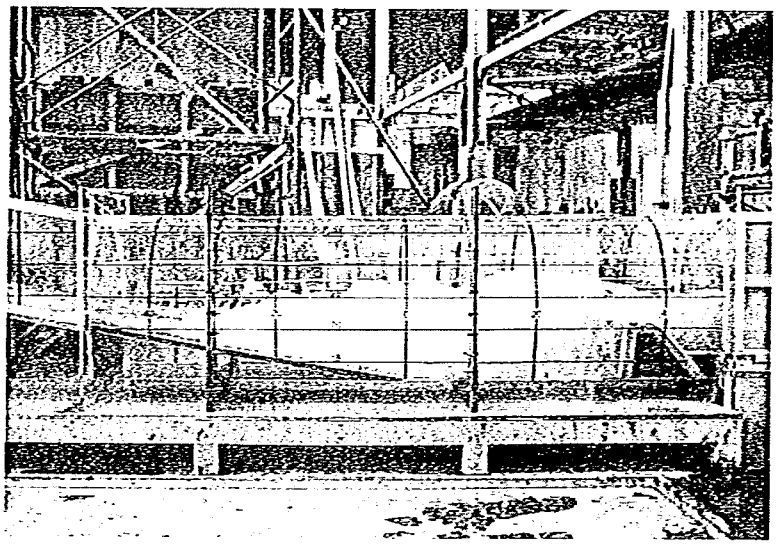
比較案C11
Type 1
H：O.P.78.5m
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
河道断面№8 水位：O.P.25.515m

写真－5.61　減勢工流況 b



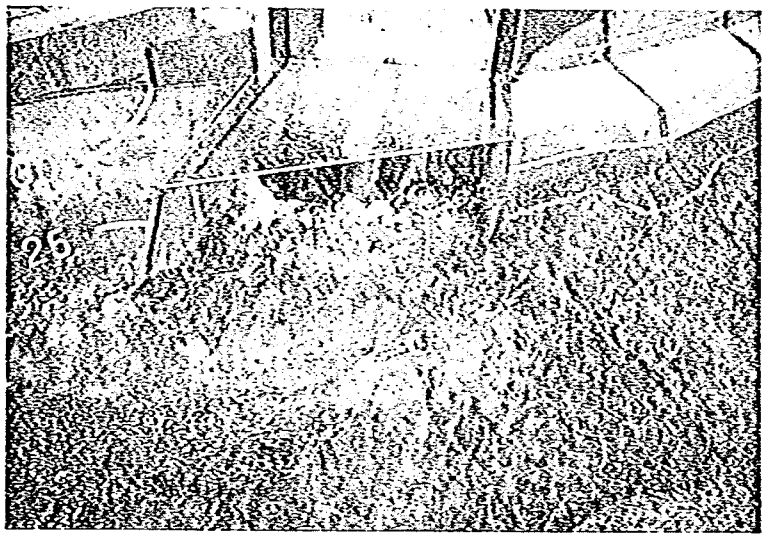
比較案C11
Type 1
H：O.P.78.5m
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
河道断面№8 水位：O.P.25.515m

写真－5.62　減勢工流況 c



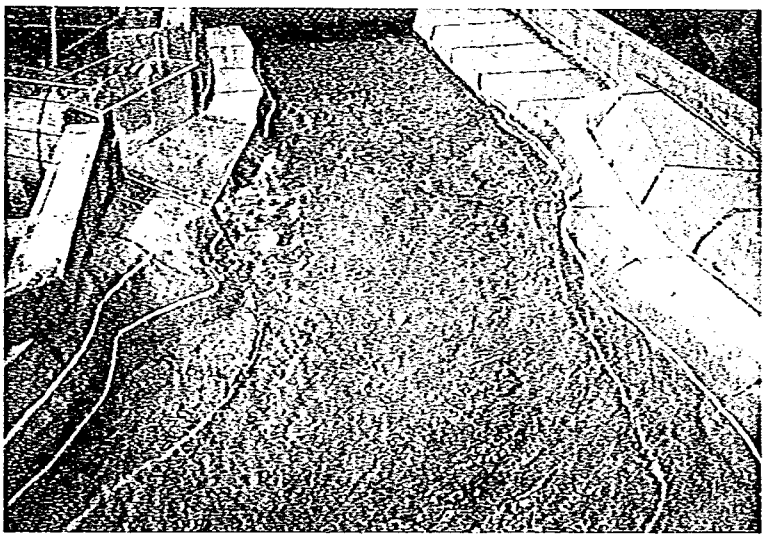
比較案C11最終案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8 水位：O.P.22.75m

写真－5.63　減勢工流況 a



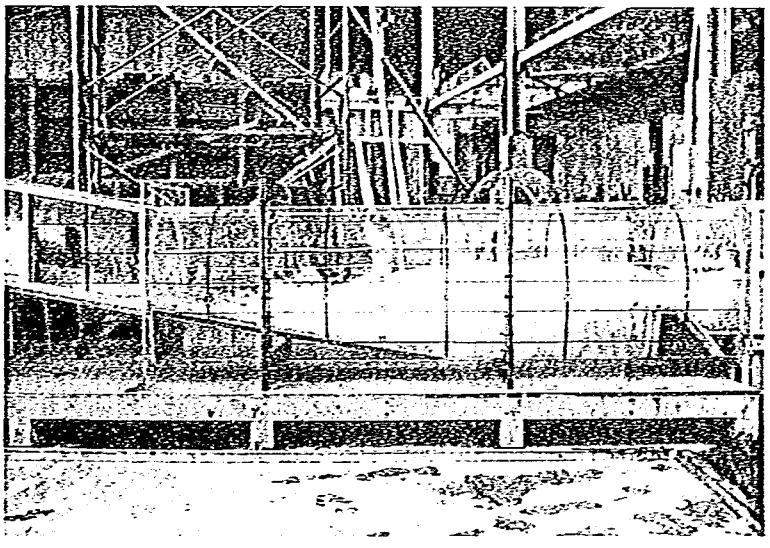
比較案C11最終案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.22.75m

写真－5.64　減勢工流況 b



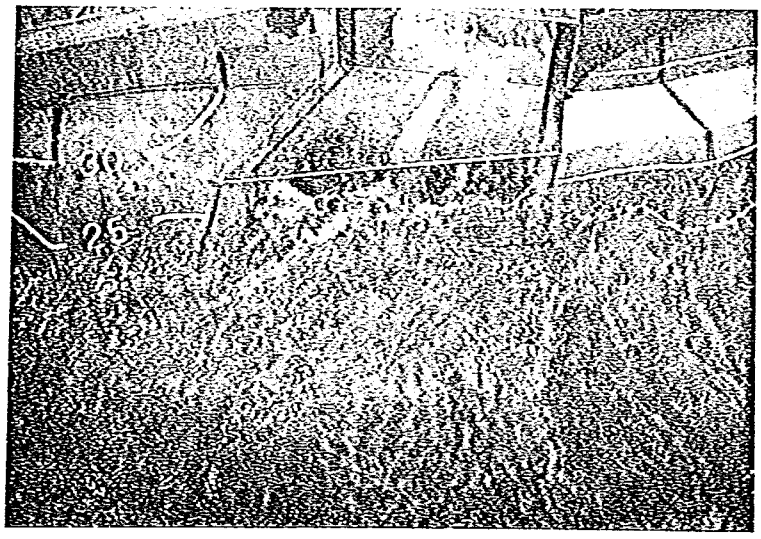
比較案C11最終案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.22.75m

写真－5.65　減勢工流況 c



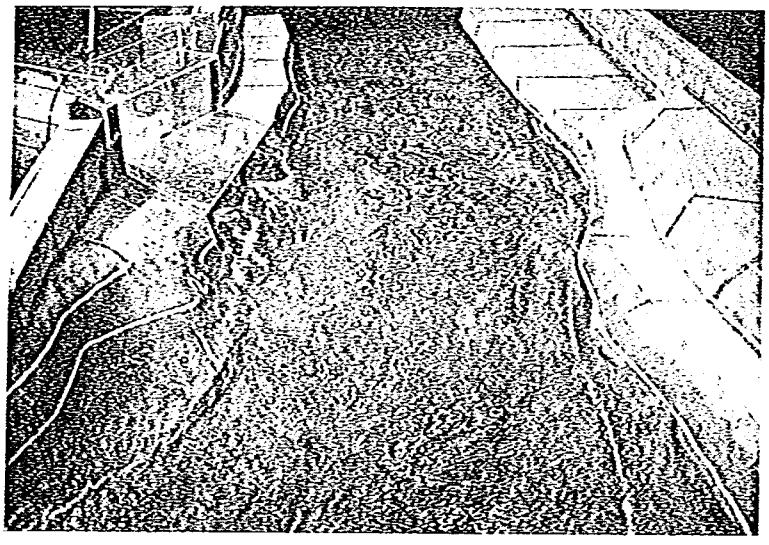
比較案C11最終案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.24m

写真－5.66　減勢工流況 a



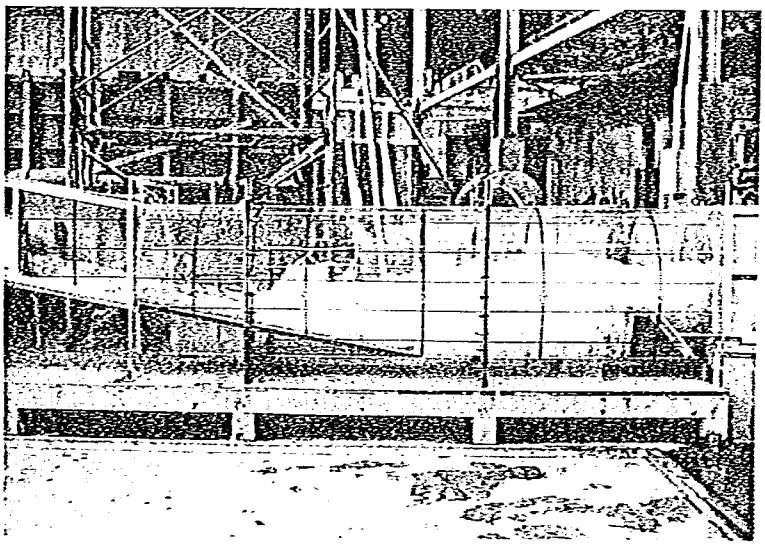
比較案C11最終案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8水位：O.P.24m

写真－5.67　減勢工流況b



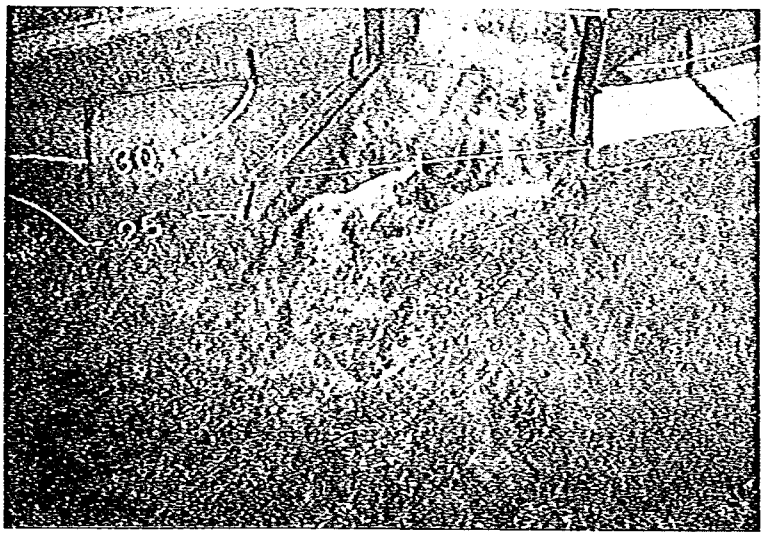
比較案C11最終案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8水位：O.P.24m

写真－5.68　減勢工流況c



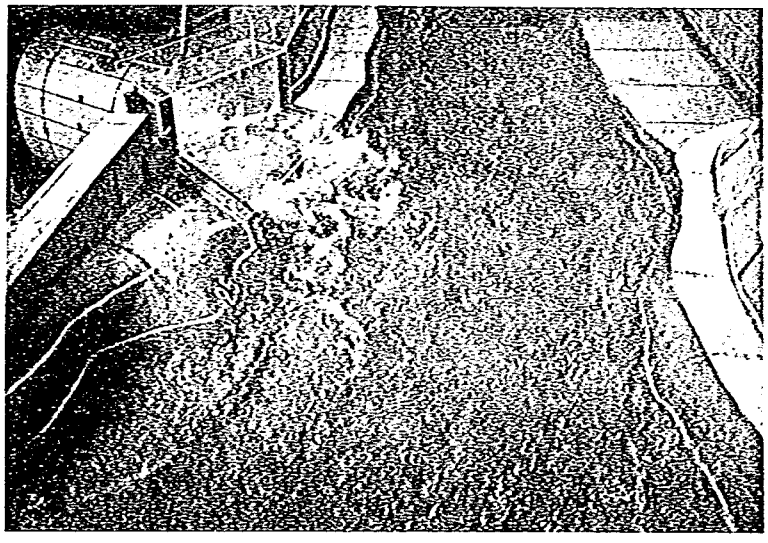
比較案C11最終案
H：O.P.78.5m
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
河道断面№8水位：O.P.25.515m

写真－5.69　減勢工流況a



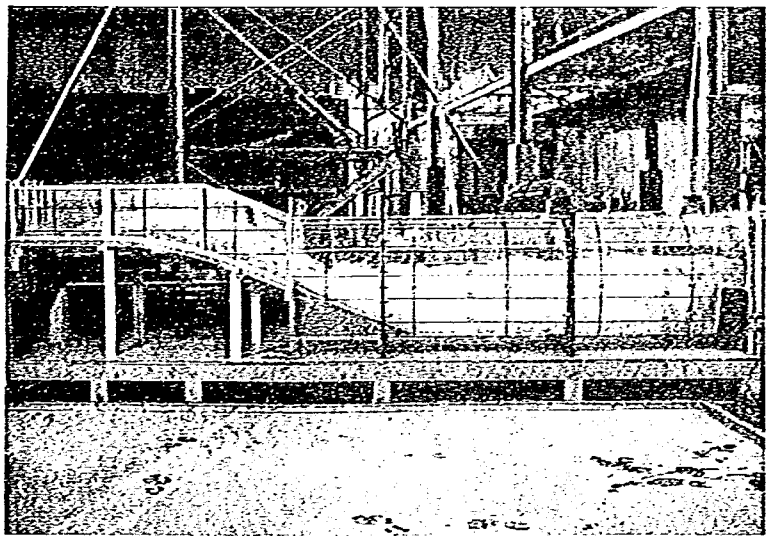
比較案C11最終案
H：O.P.78.5m
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.25.515m

写真－5.70　減勢工流況 b



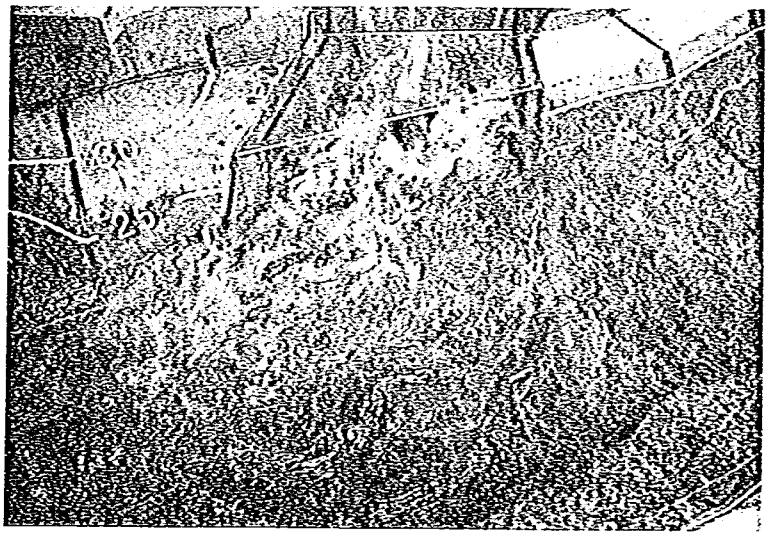
比較案C11最終案
H：O.P.78.5m
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.25.515m

写真－5.71　減勢工流況 c



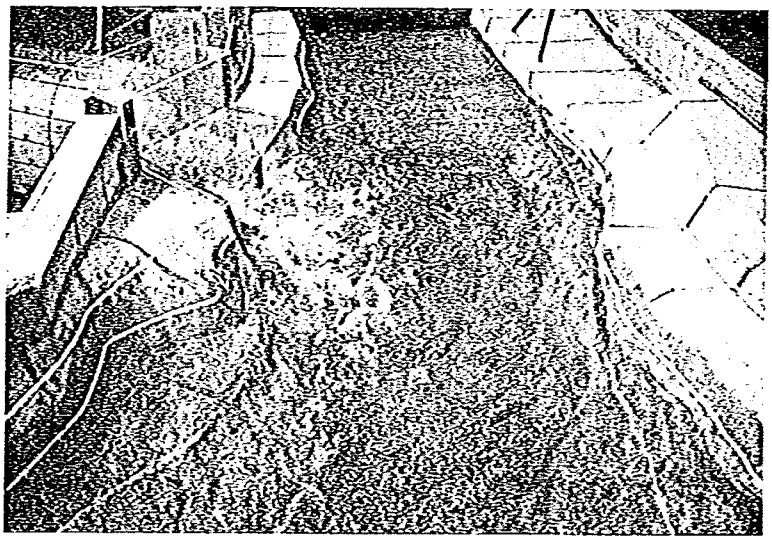
比較案C12
Type 1
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.22.75m

写真－5.72　減勢工流況 a



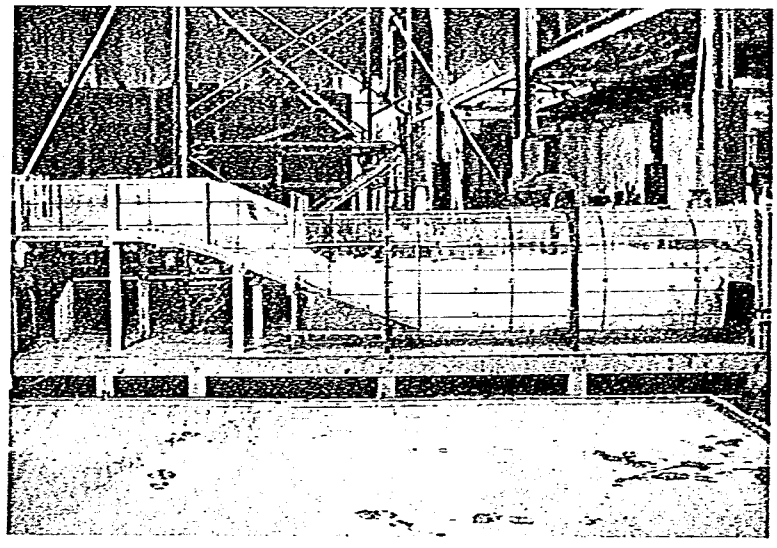
比較案C12
Type 1
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8 水位：O.P.22.75m

写真－5.73　減勢工流況 b



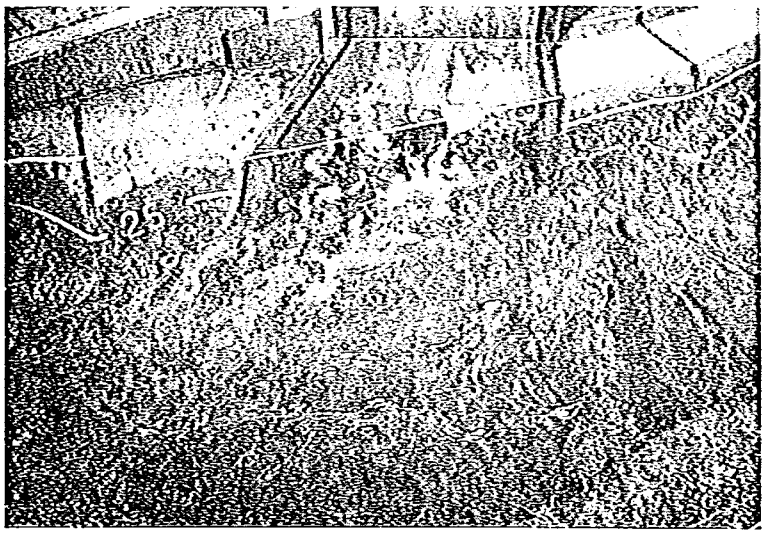
比較案C12
Type 1
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8 水位：O.P.22.75m

写真－5.74　減勢工流況 c



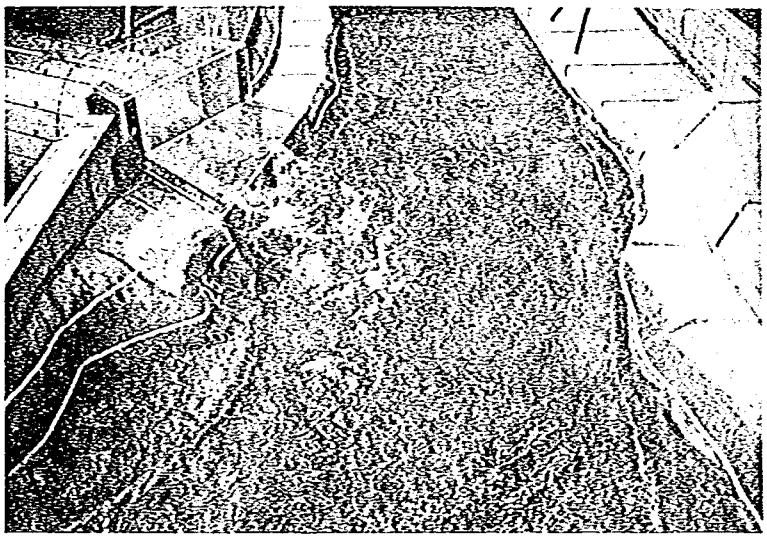
比較案C12
Type 1
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8 水位：O.P.24m

写真－5.75　減勢工流況 a



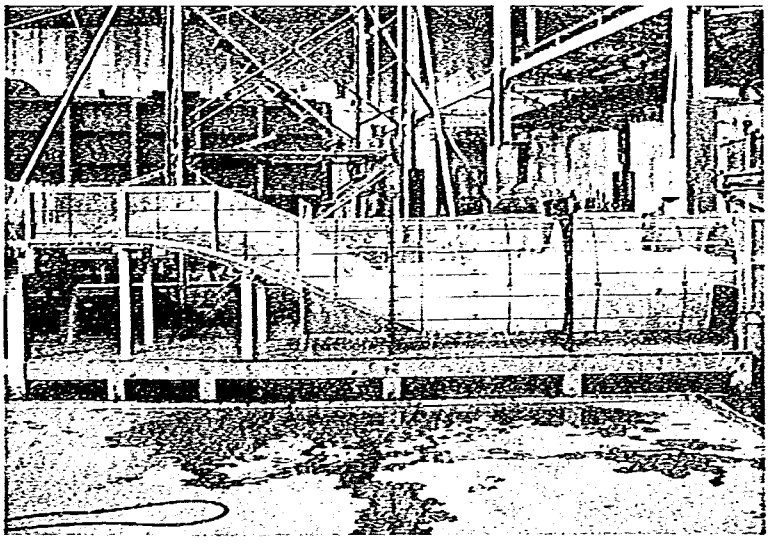
比較案C12
Type 1
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.24m

写真－5.76　減勢工流況 b



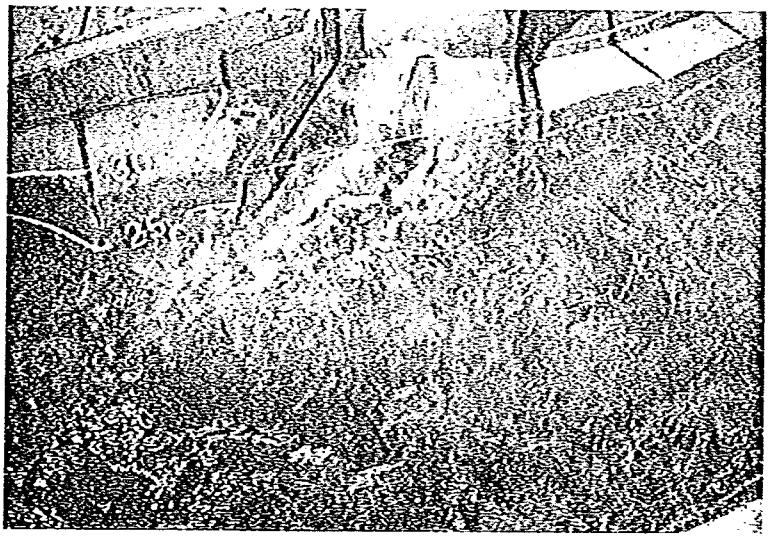
比較案C12
Type 1
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.24m

写真－5.77　減勢工流況 c



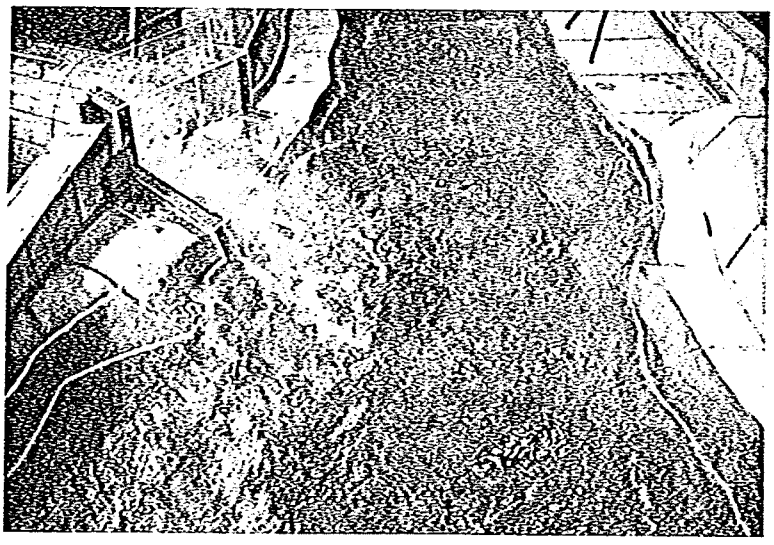
比較案C12
Type 1
H：O.P.78.5m
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.25.515m

写真－5.78　減勢工流況 a



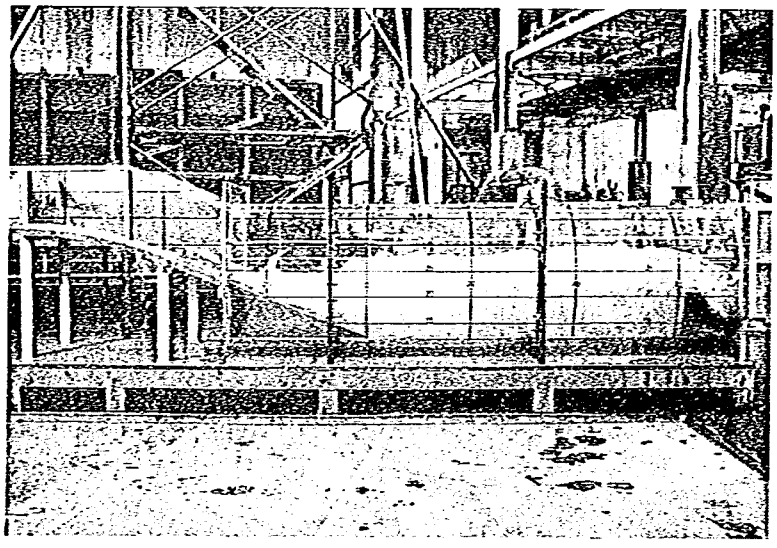
比較案C12
Type 1
H：O.P.78.5m
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
河道断面№8水位：O.P.25.515m

写真－5.79　減勢工流況b



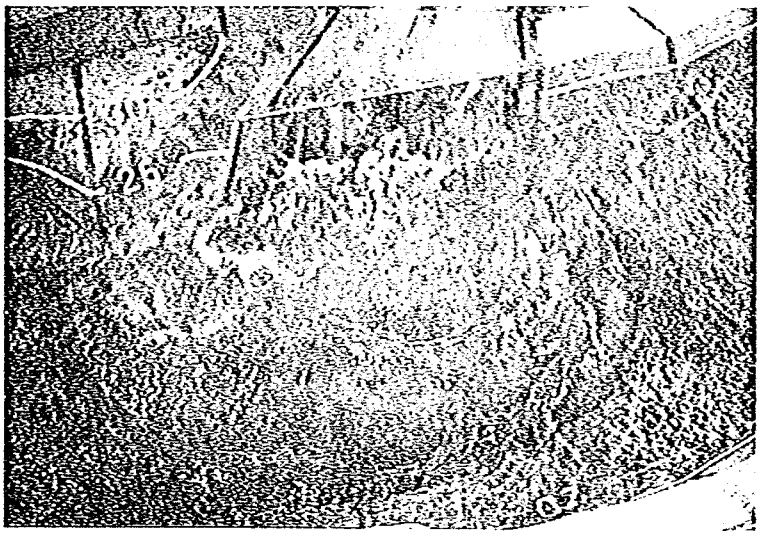
比較案C12
Type 1
H：O.P.78.5m
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
河道断面№8水位：O.P.25.515m

写真－5.80　減勢工流況c



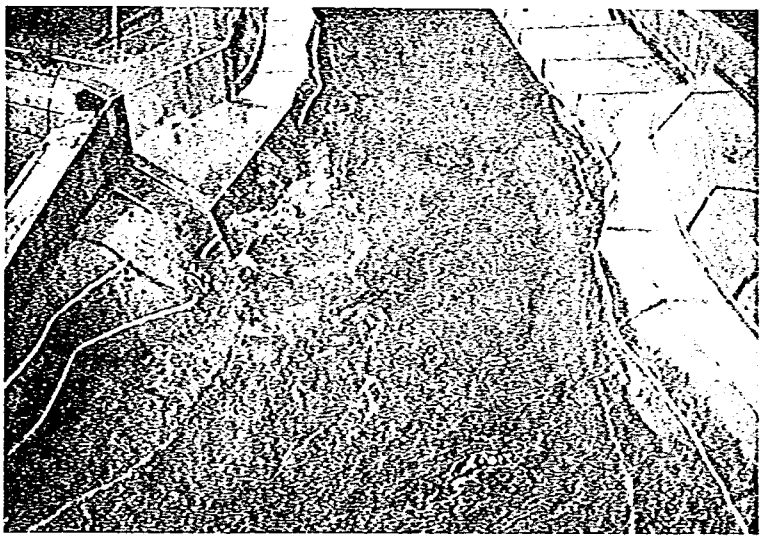
比較案C12最終案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8水位：O.P.22.75m

写真－5.81　減勢工流況a



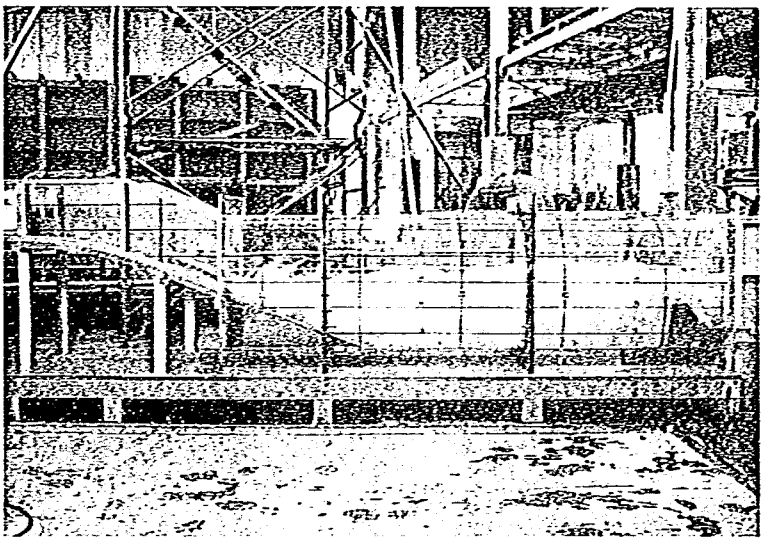
比較案C12最終案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.22.75m

写真－5.82　減勢工流況 b



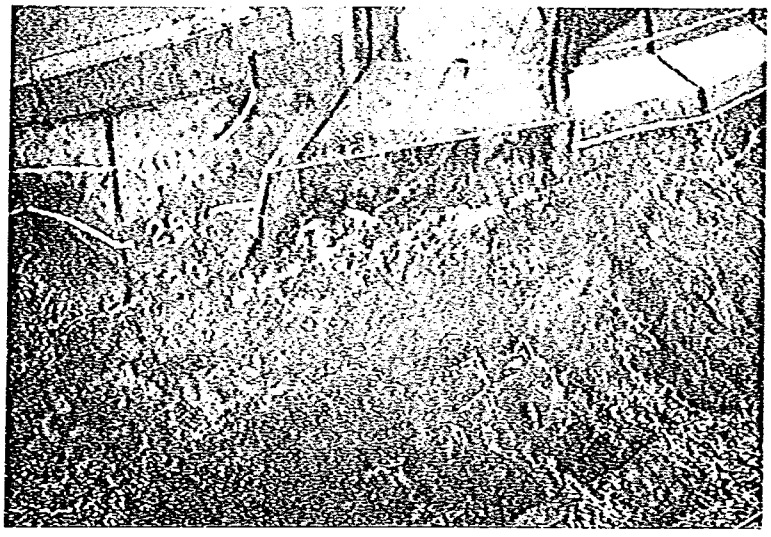
比較案C12最終案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.22.75m

写真－5.83　減勢工流況 c



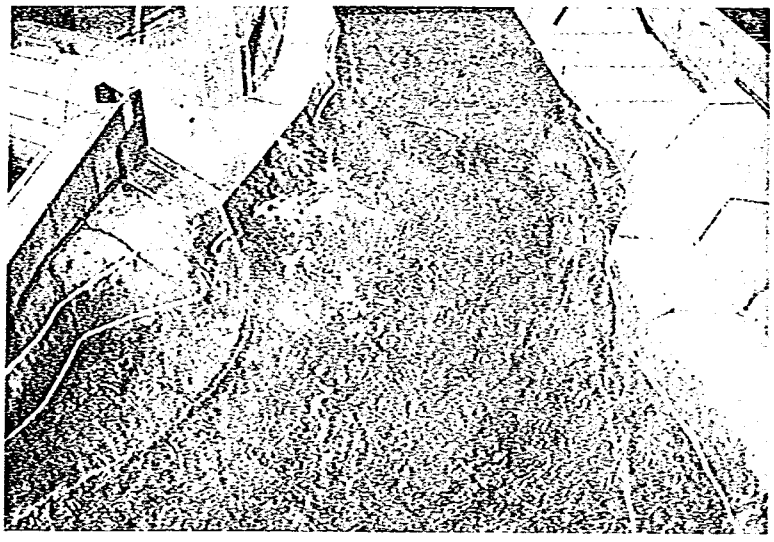
比較案C12最終案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面No.8 水位：O.P.24m

写真－5.84　減勢工流況 a



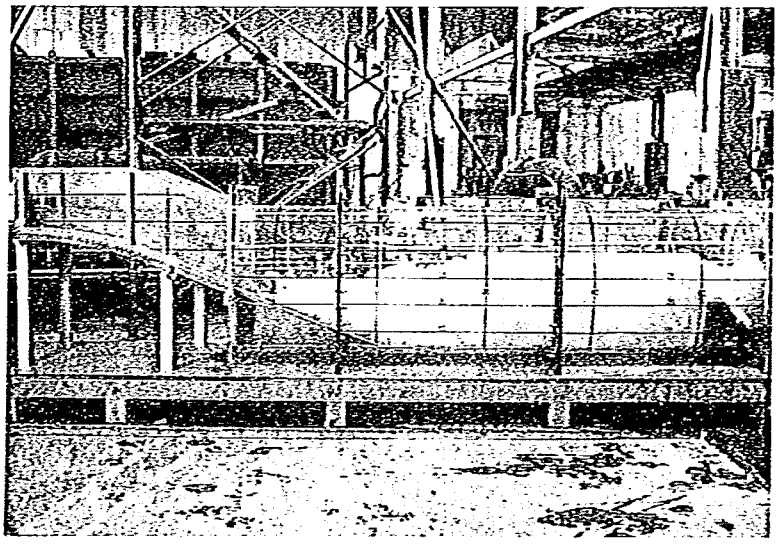
比較案C12最終案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8 水位：O.P.24m

写真－5.85　減勢工流況 b



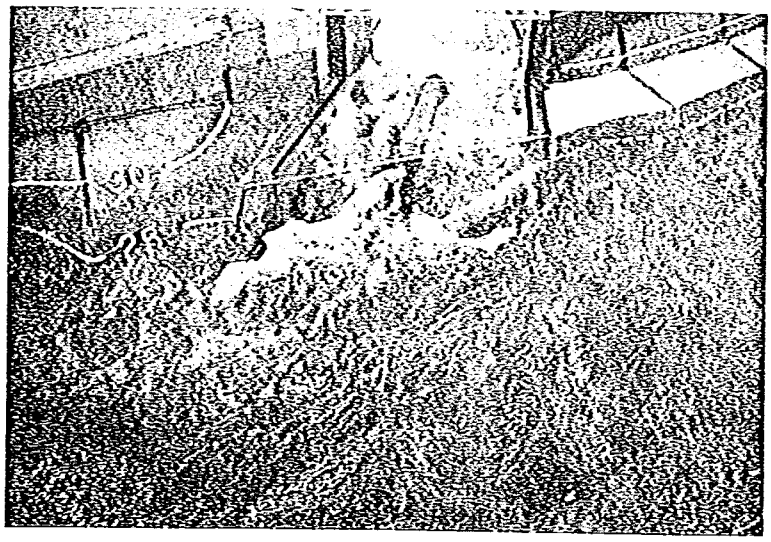
比較案C12最終案
H：O.P.67.1m
ダム本体：Q＝800㎥/s
トンネル：Q＝700㎥/s
河道断面№8 水位：O.P.24m

写真－5.86　減勢工流況 c



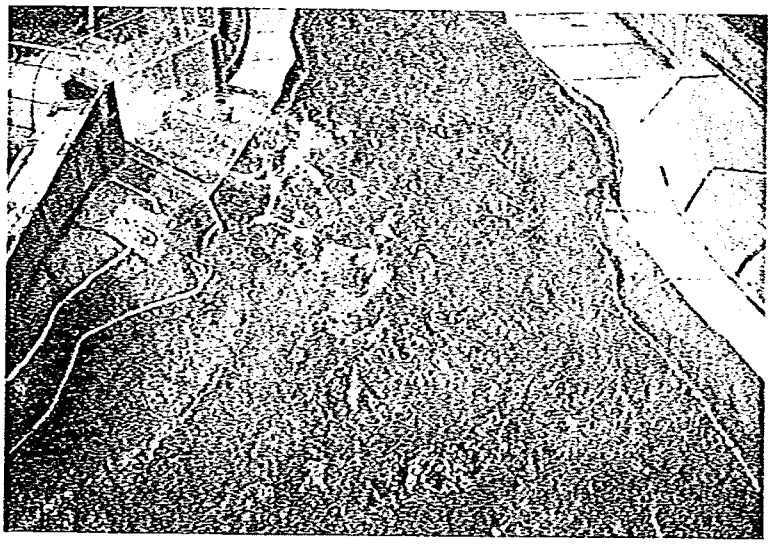
比較案C12最終案
H：O.P.78.5m
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
河道断面№8 水位：O.P.25.515m

写真－5.87　減勢工流況 a



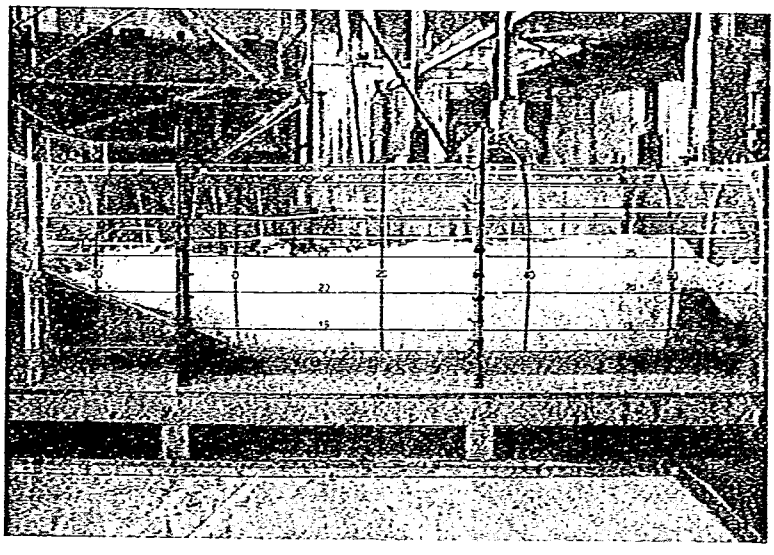
比較案C12
最終案
H：O.P.78.5m
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
河道断面No 8 水位：O.P.25.515m

写真－5.88　減勢工流況 b



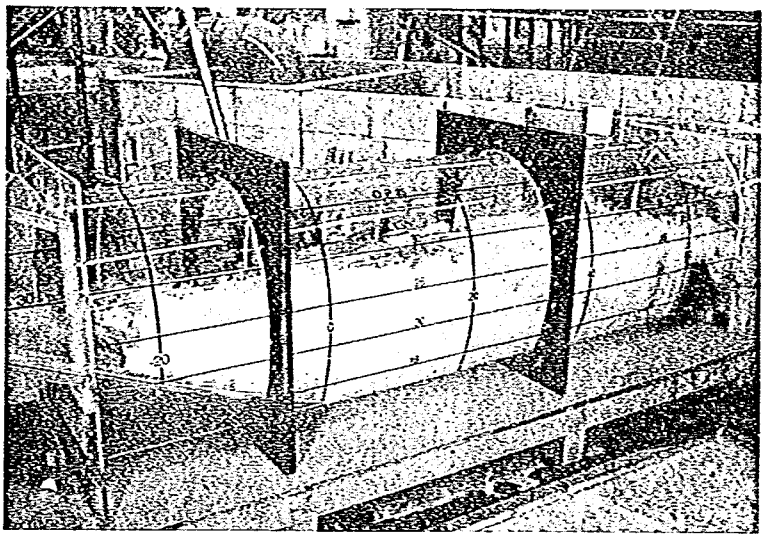
比較案C12
最終案
H：O.P.78.5m
ダム本体：Q＝1800㎥/s
トンネル：Q＝863㎥/s
河道断面No 8 水位：O.P.25.515m

写真－5.89　減勢工流況 c



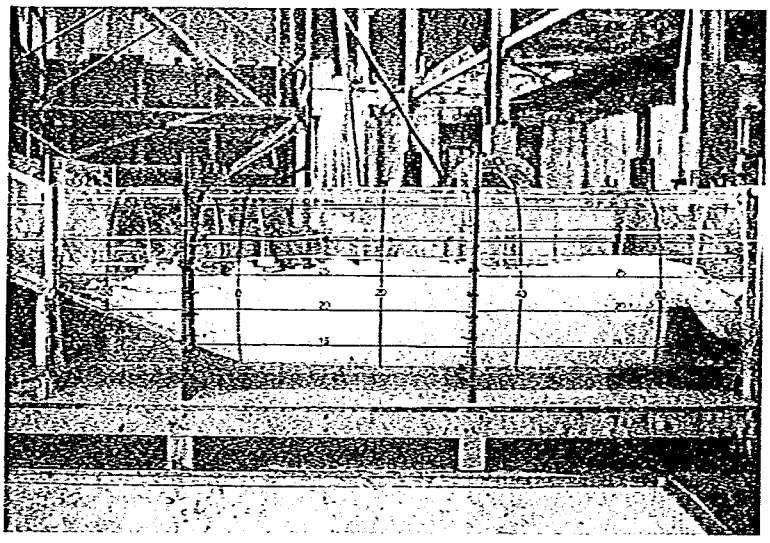
最終案
右岸側放流管単独放流
H：78.5m
Q＝431.5㎥/s

写真－5.90　減勢工流況 a



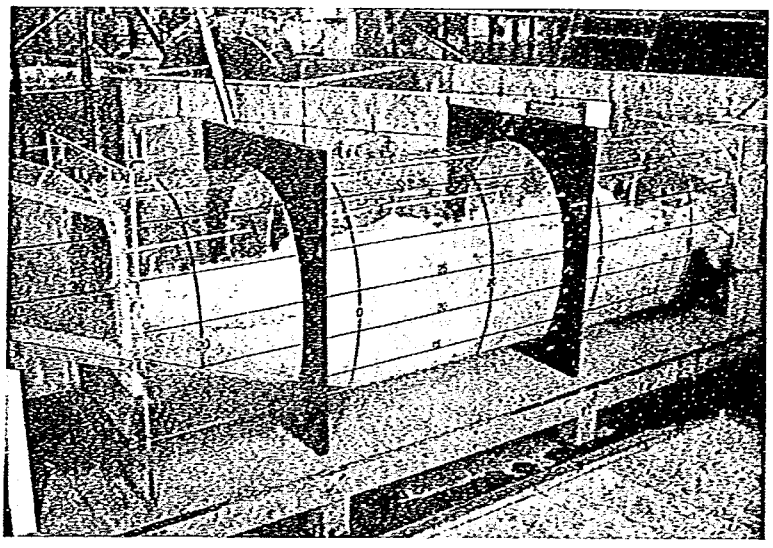
最終案
右岸側放流管単独放流
H：78.5m
Q＝431.5㎥/s

写真－5.91　減勢工流況 b



最終案
右岸側放流管単独放流
H：78.5m
Q＝431.5㎥/s

写真－5.92　減勢工流況 a



最終案
右岸側放流管単独放流
H：78.5m
Q＝431.5㎥/s

写真－5.93　減勢工流況 b

第6章　跳水発生音の検討

第6章　跳水発生音の検討

6.1　目的

天ヶ瀬ダムの減勢工には、水平水叩き上に跳水を発生させる「水平水叩き式減勢工」が用いられている。跳水は、流水が射流から常流に変化する急変現象であるが、その際に生じる大きな乱れによって、その運動エネルギーや位置エネルギーの一部が、熱や音に変換されることにより、減勢効果が発揮される。このように跳水時には音が発生するが、この発生メカニズム、流量等の水理学的条件と発生音との関係等についての系統だった検討は行われていないのが現状である。

一方、跳水に限らず、ダム放流時には人間には聞こえにくい超低周波成分が卓越した音が発生することが現地観測結果等から知られている。この超低周波が大きい場合や長期に渡る場合に周辺の建物や建物内の建具を振動させる等の問題を起こす場合がある。

天ヶ瀬ダムのトンネル式洪水吐きは、洪水調節後の琵琶湖の後期放流を安全に流下させることを目的の一つとしている（第一章参照)。この放流は、長期に渡ることが予想されるため、発生する超低周波の音圧レベルが大きい場合には、ダム周辺の民家等に悪影響を及ぼす可能性がある。また、景観等環境上の配慮から減勢工を含む洪水吐き全体を地下構造物とする計画となっており、単に跳水時の発生音のみならず、減勢工内における共鳴現象についても検討が必要である。

本章は、このような状況を受けて実施したトンネル式洪水吐き減勢工における発生音についての基礎実験結果を報告するものである。

6.2　実験方法

6.2.1　実験概要

洪水吐きの水理的な検討では、その流れが3次元的な急変流であること、個々のダムにおいてそれぞれの地形・地質条件や放流条件に応じて設計される極めて個性の強い構造物であることから、模型実験による検討が行われる。その際には、重力の影響が卓越することからフルードの相似則による模型実験値の原型実験値への換算がなされる。

本検討も模型実験を用いて発生音の再現を試みているが、音の発生メカニズムが明らかでないため、現時点では適用可能な相似則も当然明らかでない。そこで、幾何学的に相似で大きさの異なる4種類の模型を用いた実験を行い、跳水時の発生音の基本的な性質および地下空間内での伝播特性を検討するとともに、それら支配要因を分析し、模型実験結果を実際の現象に換算するための相似則についての検討を併せて行っている。また、これらの実験は、流量条件については流れの相似則としてフルード相似を適用することを前提として行っている。

6.2.2　実験模型

行った実験は以下の3種類に大別される。

①予備実験

跳水時発生音の音源位置を特定するために行った予備実験

②基本実験

実機をほぼ再現した幾何学的に相似で縮尺の異なる4種類の模型による基本的な実験

③比較実験

発生音を支配するパラメータを調べるために、副ダム高さおよびトンネル天端高さを変化させて行った比較実験

(1)予備実験

跳水時発生音の音源位置を特定するために、トンネル天端を設けずに、跳水時の発生音を水面直上で直接測定した。実験に用いた模型は、後述の(2)基本実験に用いる1倍模型である。(模型の詳細は図－6.1および図－6.3を参照)

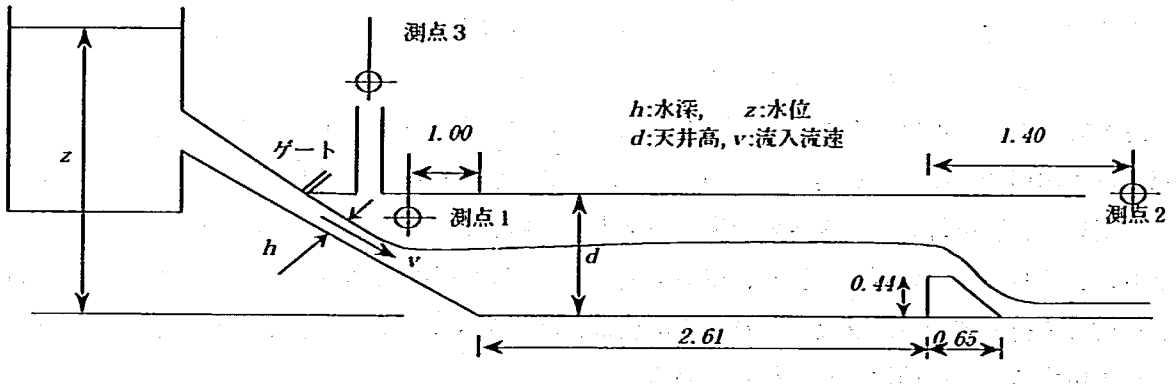
測定は、跳水始端部付近から副ダム間で連続的に行った。

(2)基本実験

実験を行った模型概要を図－6.1に示した。模型は、減勢工部分のみの取り出した抽出模型とし、幾何学的に相似な4種類の大きさとしたが、現象の2次元性を仮定し、厚さ方向の寸法は全模型とも20cmとした。各模型の詳細図を写真－6.2～5に示した（写真－6.1～3)。

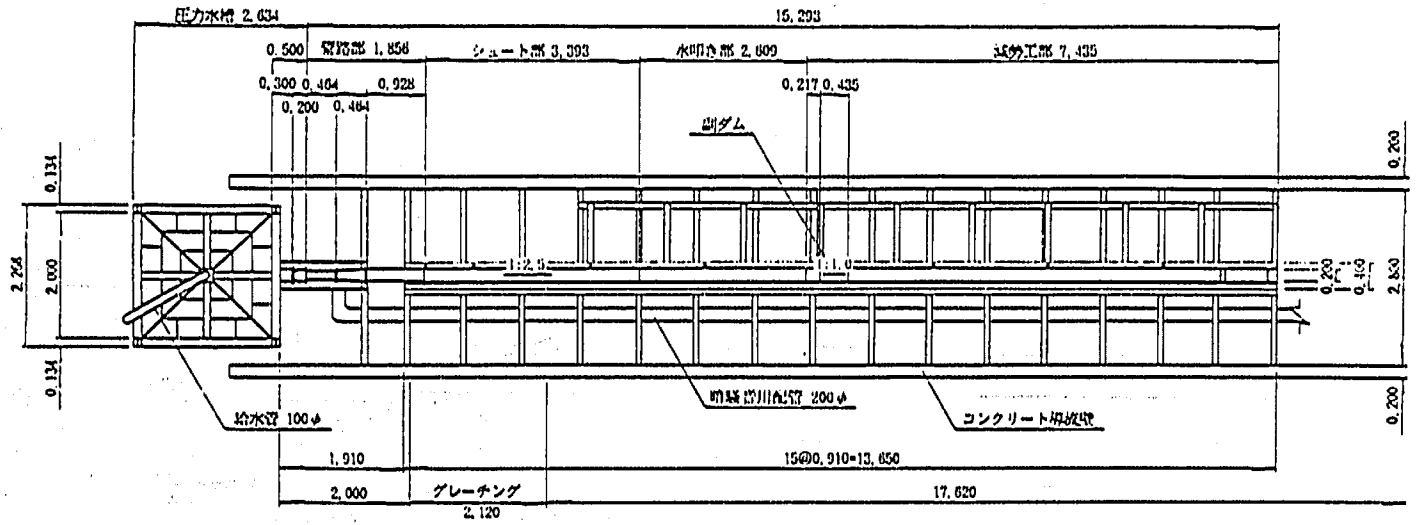
模型縮尺は、実機の1/46、1/23、1/15.3および1/11.5の4種類とした。(便宜上、この2番目の縮尺模型を標準（1倍）とし、他を1/2倍、1.5倍および2倍模型と呼ぶ。）また、発生音を直接測定することを目的として天端を設けずに上方を開放したケースについての実験も行っている。

放流条件は、表－6.1に示したとおり9種類を基本とし、各縮尺模型の水理条件がフルード相似となるように設定した。跳水の形や流れの特性は跳水前の流入フルード数によって異なるが、今回の放流条件でのフルード数は7～15程度であり、安定した「定常跳水」と跳水内部における激しい渦動のために波動が下流に伝播する「強跳水」の2種の跳水形態を含む範囲となっている。減勢工の対象流量700㎥/s流下時の流入フルード数はほぼ8程度であり、表－6.1中の1-7,2-7,3-7,4-7に相当する。なお、本章のみ、水理条件、模型寸法等実験条件を全て模型値で記している。

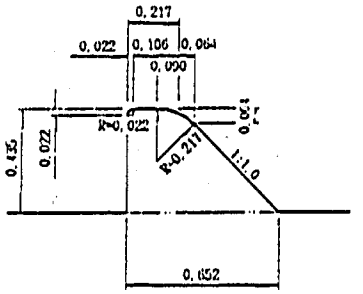


注)1/1倍模型の寸法を示した。(単位：m)

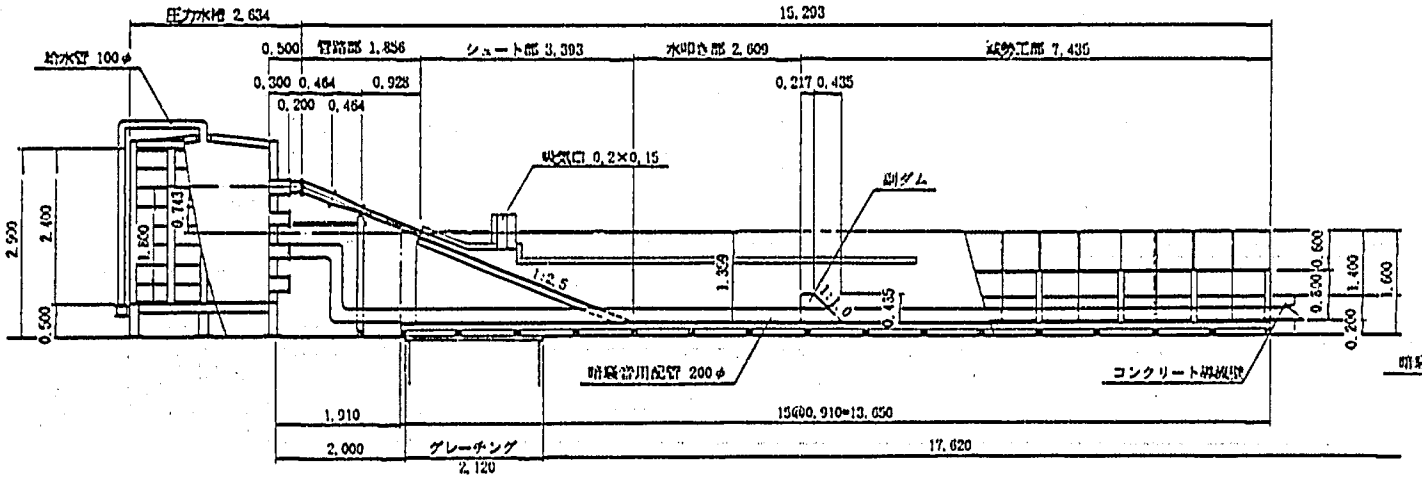
図－6.1　実験模型の概要



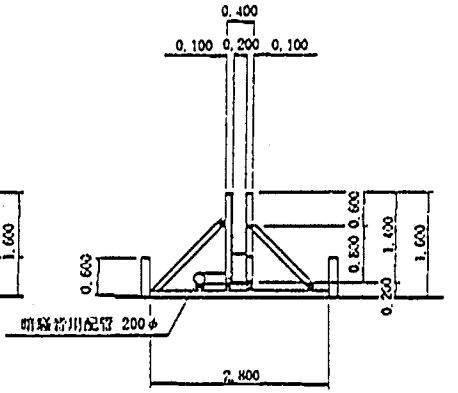
[平 面 図]



[副ダム形状図]



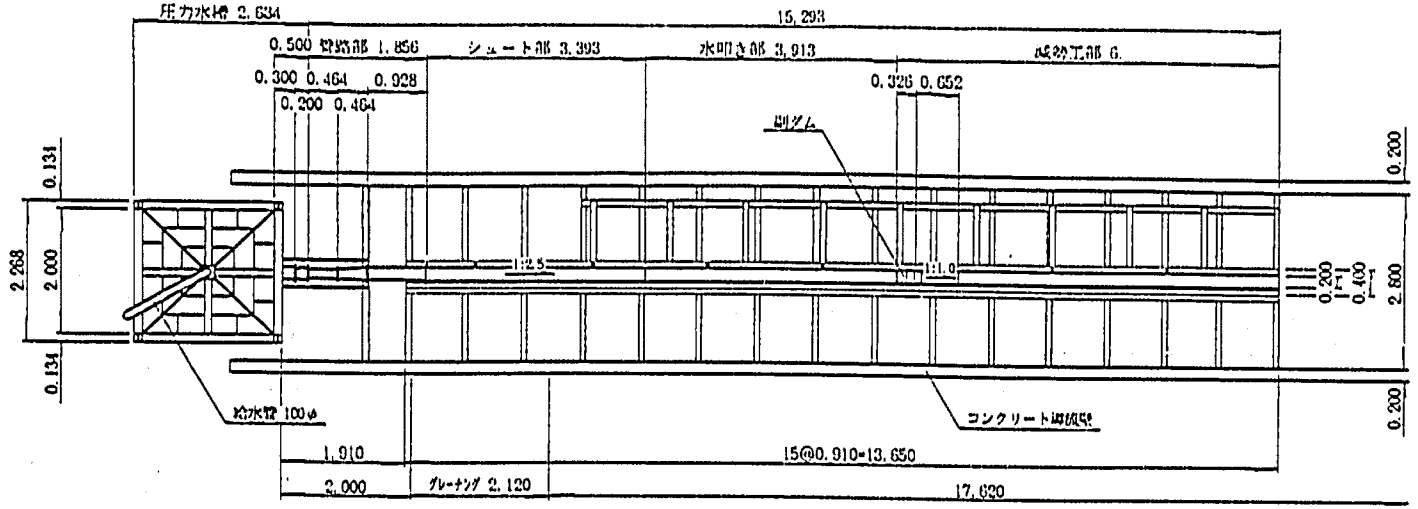
[縦 断 図]



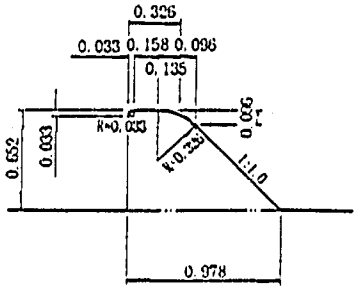
[横 断 図]

(単位：m)

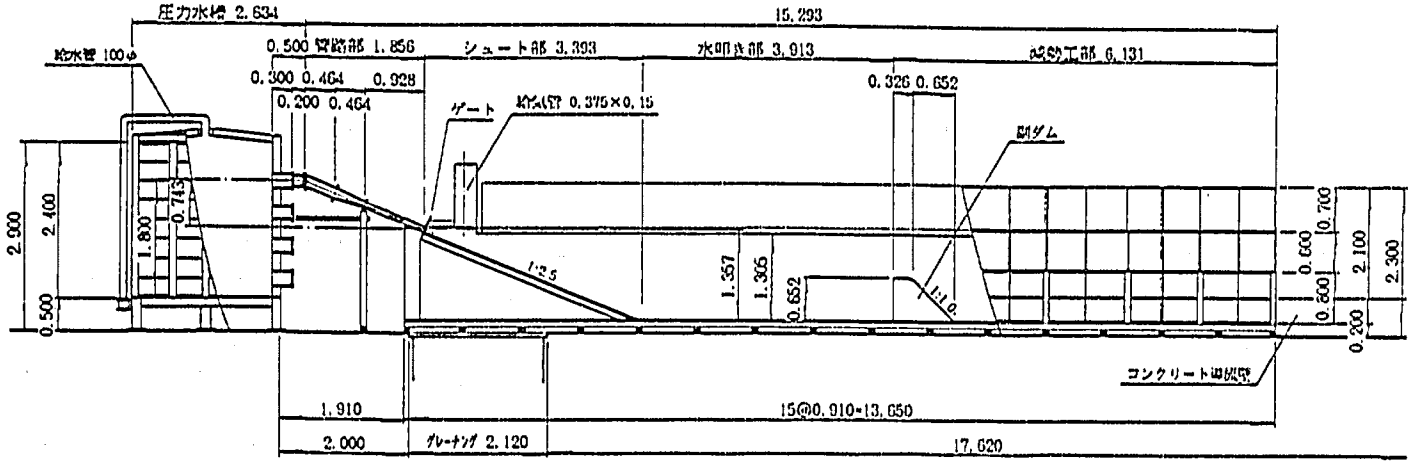
図－6.2 実験模型（1倍模型）



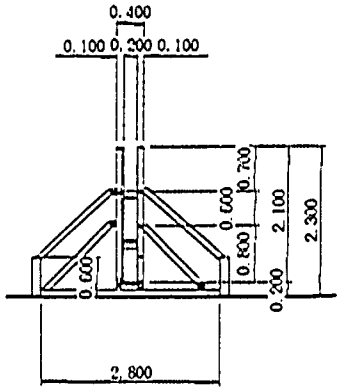
[平 面 図]



[副ダム形状図]



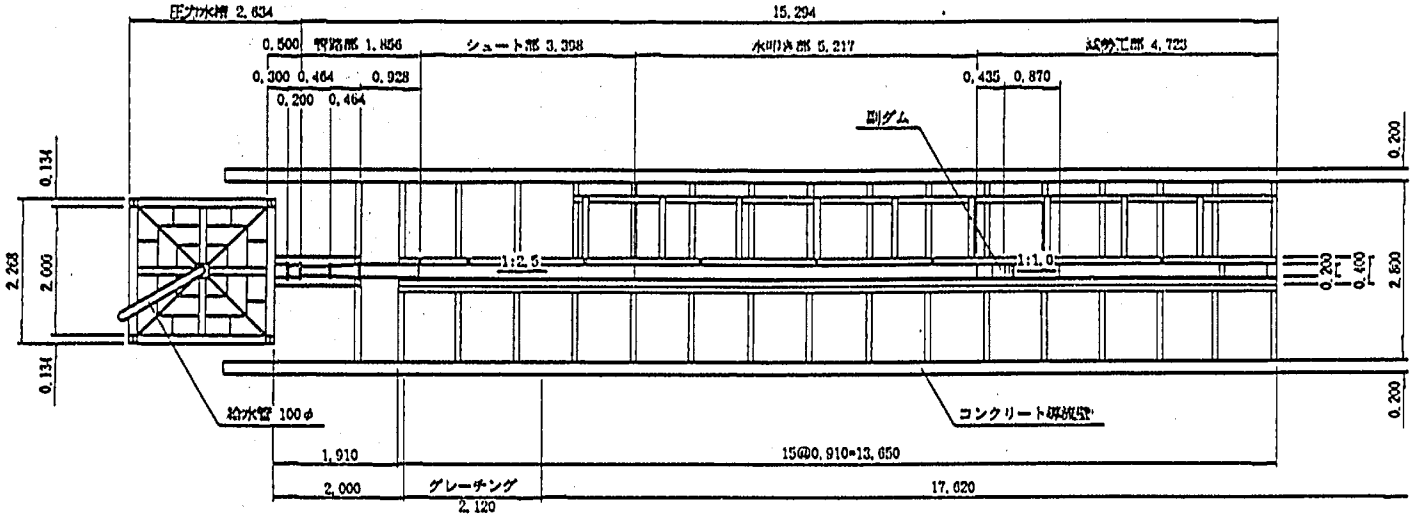
[横 断 図]



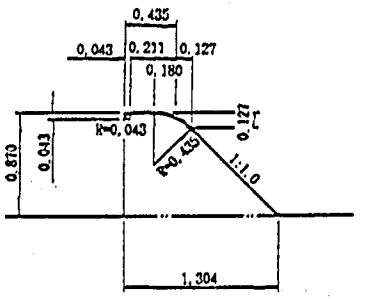
[横 断 図]

(単位：m)

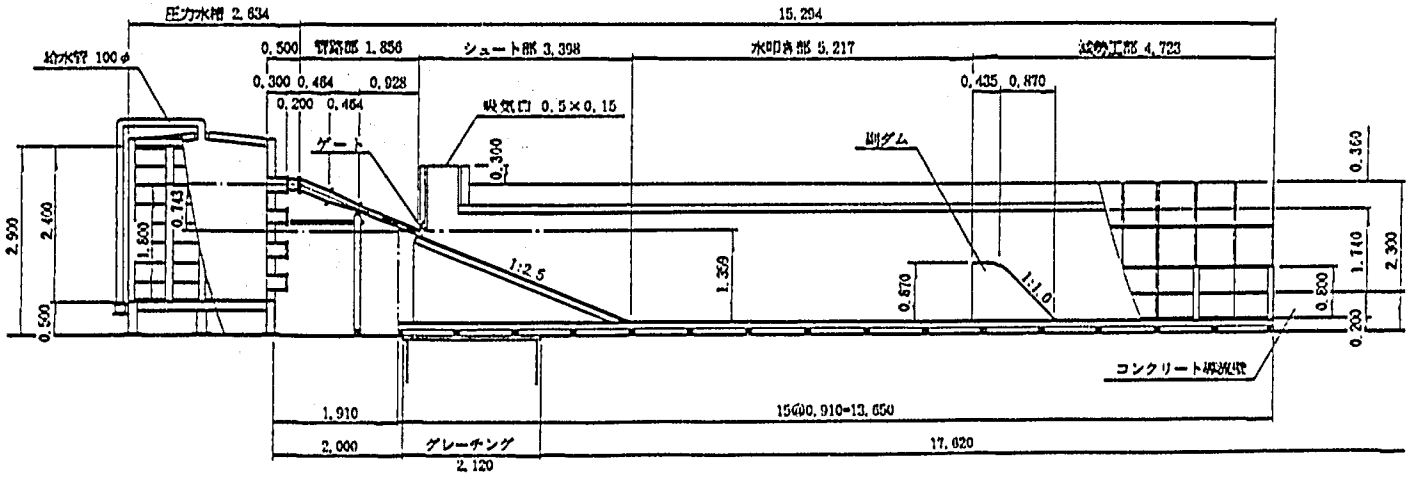
図－6.3 実験模型（1.5倍模型）



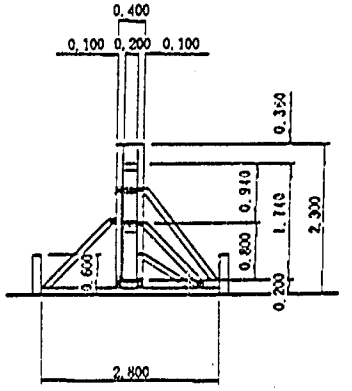
〔平 面 図〕



〔副ダム形状図〕



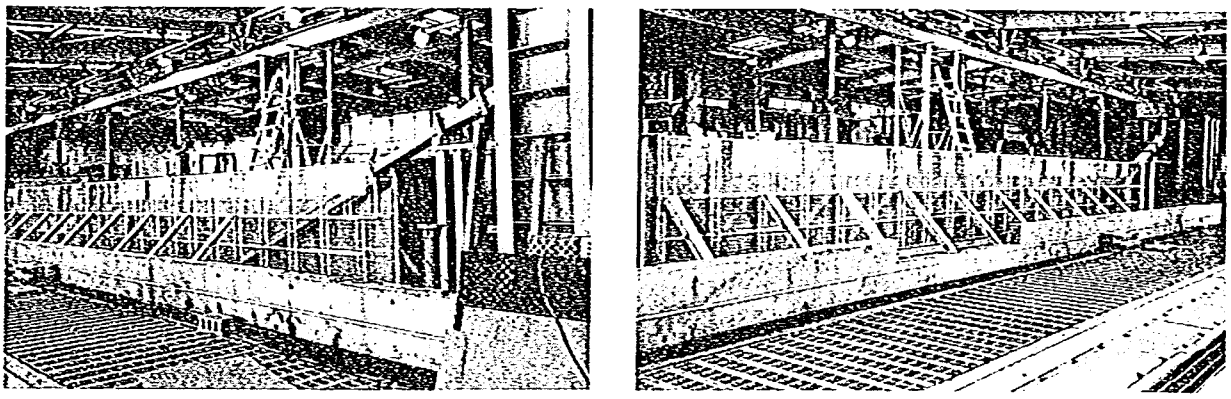
〔縦 断 図〕



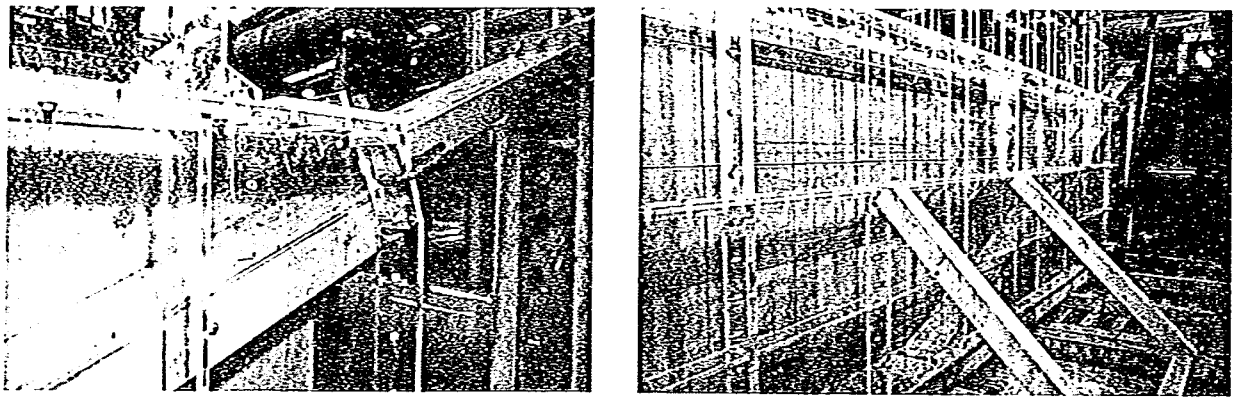
〔横 断 図〕

（単位：mm）

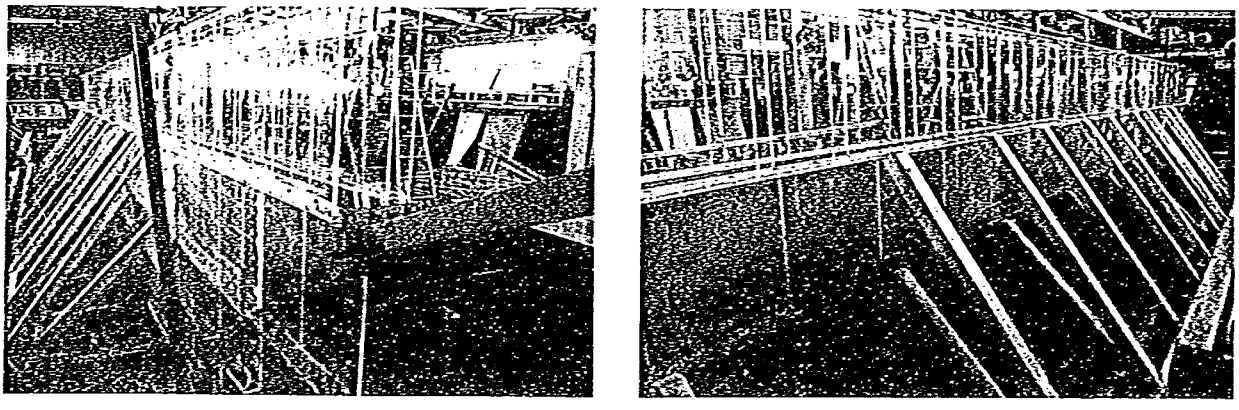
図－6.4 実験模型（2倍模型）



写真－6.1　模型完成状況（1倍模型）



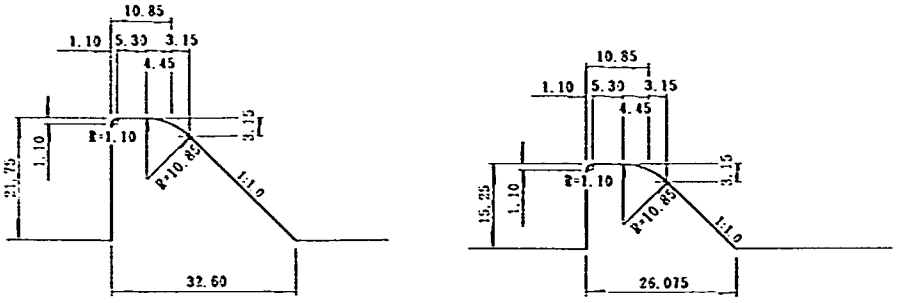
写真－6.2　模型完成状況（1.5倍模型）



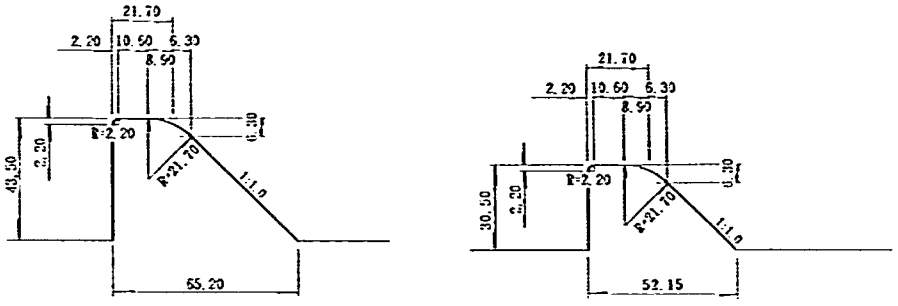
写真－6.3　模型完成状況（2倍模型）

(2)比較実験

1/2倍模型および1倍模型については副ダム形状を図−6.5〜6に示すように基本形状に加えて、副ダム高を低く設定した比較形状についても実験を実施し、同一流入条件で跳水形態が異なる場合の発生音の変化を調べた。



図−6.5　1/2倍模型副ダム形状



図−6.6　1倍模型副ダム形状

また、1倍模型については、天端高さを基本形状を含め3種類変化させて実験を行い、トンネル内の空断面の影響について調べた。

これらの比較実験は、表−6.1に示した放流条件全てについて実施した。

なお、表−6.1に示した放流条件は流入流速測定時の実験結果であり、音の測定は同時に行っているわけではない。また、音の測定も天端ありとなしおよび比較実験は同一放流条件であっても、それぞれ別途に実験を行っている。したがって、それぞれの測定時の放流条件は表−6.1を目標としているものの若干は異なっている。個々の測定時の放流条件については付図にそれぞれ明記しているが、表−6.1との差はわずかであり、種々の検討に際しては同一放流条件として取り扱っている。

6.2.3　測定方法

(1)　音の測定

① 測定位置

基本実験および比較実験における音の測定位置は、図−6.3に示すように、天端があるケースでは副ダム直下の測点2および給気管出口の測点3、天端がないケースでは音源位置と想定された跳水始端部直上の測点1（1/2倍模型は除く。）および測点2である。

②　測定機器

測定は、1〜1000Hzの間で歪のない測定が可能な低周波音レベル計を用いて行った。記録したデータはサンプルレート2000HzでAD変換し、音圧実効値を求めるとともに分解能を約4Hzとして FFT解析を行い、パワースペクトルを求めた。また、FFT解析は1回あたり512個のデータを用いて行い、さ

らにこれを1測定音あたり240回行って平均を求めている。FFT解析に用いた諸量は以下のとおりである。

解析最大周波数	: f max	=1000 Hz
サンプルレート	: f s	=2000 Hz
分解能	: Δ f	=3.906 Hz
FFT 1 回あたりデータ数	: N	=512 個
FFT1回あたりデータ記録長	: T	=0.256 s
総データ長	: Tt	=61.44s (=T×M)
FFT総数（平均回数）	: M	=240 回

また、同様の放流量条件をバイパス水路で流し、ポンプ運転音等の暗騒音測定を行った。測定した暗騒音も発生音と同様にFFT解析を行い、周波数毎に発生音から暗騒音を差し引いて補正した。

表－6.1 実験条件一覧

模型縮尺 1/n	天井高さ d cm	流入条件 水位 Z m	水脈厚 h cm	流量 Q l/s	流速 v m/s	フルード数 Fr	実験 No.
1/2	天井なしと 43.5	1.50	1.29	9.7	3.76	10.6	1-1-a, b
		1.25	1.15	8.1	3.52	10.5	1-2-a, b
		1.00	1.03	6.2	3.01	9.5	1-3-a, b
		1.50	1.57	13.3	4.24	10.8	1-4-a, b
		1.25	1.48	11.0	3.72	9.8	1-5-a, b
		1.00	1.30	8.3	3.19	8.9	1-6-a, b
		1.50	2.33	20.1	4.31	9.0	1-7-a, b
		1.25	2.14	15.7	3.67	8.0	1-8-a, b
		1.00	1.87	11.9	3.18	7.4	1-9-a, b
1/1	天井なしと 87.0	3.00	2.44	28.0	5.74	11.7	2-1-a, b
		2.50	2.31	23.5	5.09	10.7	2-2-a, b
		2.00	2.00	18.2	4.55	10.3	2-3-a, b
		3.00	3.44	37.8	5.49	9.5	2-4-a, b
		2.50	3.03	31.4	5.18	9.5	2-5-a, b
		2.00	2.53	23.8	4.70	9.4	2-6-a, b
		3.00	4.76	54.6	5.74	8.4	2-7-a, b
		2.50	4.36	45.0	5.16	7.9	2-8-a, b
		2.00	3.65	33.8	4.63	7.7	2-9-a, b
3/2	天井なしと 130.5	4.50	3.39	51.5	7.60	13.2	3-1-a, b
		3.75	3.22	43.3	6.72	12.0	3-2-a, b
		3.00	2.86	33.5	5.86	11.1	3-3-a, b
		4.50	4.89	69.4	7.10	10.3	3-4-a, b
		3.75	4.36	57.6	6.61	10.1	3-5-a, b
		3.00	3.79	43.8	5.78	9.5	3-6-a, b
		4.50	6.84	100.4	7.34	9.0	3-7-a, b
		3.75	6.30	82.6	6.56	8.3	3-8-a, b
		3.00	5.63	62.1	5.52	7.4	3-9-a, b
2/1	天井なしと 174.0	6.00	4.68	78.8	8.42	12.4	4-1-a, b
		5.00	4.12	66.2	8.03	12.6	4-2-a, b
		4.00	3.68	50.6	6.88	11.4	4-3-a, b
		6.00	6.00	107.4	8.95	11.7	4-4-a, b
		5.00	5.58	89.4	8.01	10.8	4-5-a, b
		4.00	4.85	67.2	6.93	10.0	4-6-a, b
		6.00	9.76	156	7.99	8.2	4-7-a, b
		5.00	9.09	128.4	7.06	7.5	4-8-a, b
		4.00	7.48	94.5	6.32	7.4	4-9-a, b

注）実験No.では天井なしをa，天井ありをbとする。

(2) 水理量の測定

① 流入流速

跳水始端部直上流で、水深方向に5点ないし6点について、ピトー管を用いて流速を測定した。ピトー管は斜面に平行に設置し、斜面方向成分のみを測定した。

② 流量

電磁流量計の値を直読した。

③ 水位

圧力水槽にピエゾ管を接続し、水位を1mm目盛りスケールで読み取った。

④ 流速変動

1.5倍模型の1流量条件についてのみ跳水始端部における流速変動を測定した。測定は2方向成分の測定が可能な電磁流速計を用いて行い、鉛直および水平成分の流速変動を測定した。測定データはデータレコーダーに記録し、サンプルレート2000HzでAD変換し、FFT解析を行い、パワースペクトルを求めた。

⑤ 流況

目視によるスケッチ、写真撮影およびビデオ撮影を行った。

6.3 水理条件の測定結果

6.3.1 流入流速

跳水現象を支配する水理条件は、下流水深を一定とすれば跳水始端部直上流のフルード数すなわち水脈厚さと流速と考えられる。一方、実験で制御可能なパラメーターは、流量およびゲート開度である。

ゲートを通過した水脈は、斜面を流下するにつれて加速され、水脈厚は徐々に小さくなるとともに、水面から空気混入を生じる。今回の縮尺模型は、減勢工形状は相似としているものの、実験設備の制約からゲートと跳水始端部間の距離は相似となっていないため、単純にゲート開度を縮尺比にしても水理条件は相似とはならない。したがって、流入水脈厚さおよび流速が相似となるようにゲート開度を適宜調節してやる必要がある。

そのためには、流入水脈厚あるいは流速を直接測定することが必要となるが、前述のとおり、水脈には水面から空気混入が生じており、正確な測定は困難である。したがって、本実験では、跳水始端部直上流の流速をピトー管で測定し、これを水理条件の基本量として用いることとし、水脈厚さはこの流速の実測値と流量計から読み取った流量から計算することとした。

付図－6.1～9に流入流速の測定結果を示した。得られた流速分布は、各ケースともほぼ対数分布となっており、次式で表すことができる。

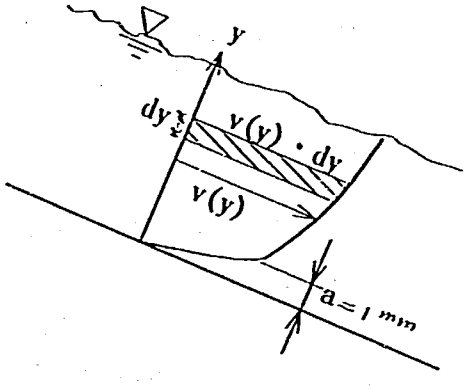
$$V(y) = \alpha \log(\beta y) \qquad (6\text{-}1)$$

ここに
V ：流速
y ：水深
α, β ：定数

これを、次式に示すように水深方向に積分して、単位幅流量 Q/B に一致するように h を定めることとした。

$$\int_0^h V(y)dy = Q/B \qquad (6\text{-}2)$$

なお、底部は図－6.7に示すように直線分布とし、y ＝1.0㎜で(6-1)式と接続させた。また、単位幅流量を求めた水脈厚さで除して平均流速を求めた。得られた流入水脈厚および平均流速を表－6.1に示している。



図－6.7 流入水深の推定

6.3.2 流況

流況を附図－6.13～24に示した。各縮尺ともに天端がある場合とない場合の双方について流況観察を行った。一部のケースで水面が瞬間的に天端に触れる場合があったが、それ以外の差異は目視による観察の範囲では生じなかった。

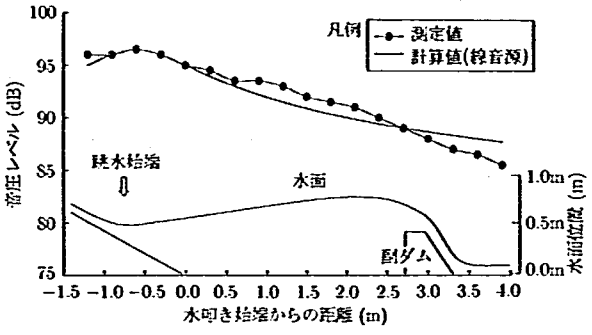
跳水発生音に関係が深いと考えられる空気の混入状況について見ると、同一縮尺内では、流入エネ

ルギーが大きいほど白濁域が大きくなる傾向が見られる。一方、水理条件をフルード相似としている各縮尺模型間で比較すると、縮尺が大きいほど白濁域が大きくなる傾向が見られるが、その差はわずかである。

跳水時の発生音については、この空気混入現象が大きな支配要因と考えられるので、模型実験において現象がどこまで再現できているのか、縮尺効果をどのように考慮すべきが大きな課題となる。このように、跳水発生音に大きく関わっていると考えられる空気の混入現象には、フルード相似則に従わない、いわゆる縮尺効果が生じている。

6.4 跳水音の発生位置（予備実験結果）

跳水音の発生位置を特定するために、1倍模型の天端を設置しないケース（実験No.2-8-a）で跳水始端付近から副ダム直下の間で連続的に音圧レベルの測定を行った。測定結果および測定時の水面形を図−6.8に示す。音圧レベルは、跳水始端部で最大を示し、流下方向に向かって減衰する傾向を示した



図−6.8　跳水時の水面形と音圧レベル

今、最大音圧レベルが記録された跳水始端部に幅方向に分布する線音源があると仮定すれば、その音源の音響出力と各測点における音圧レベルの関係は次式で与えられる。

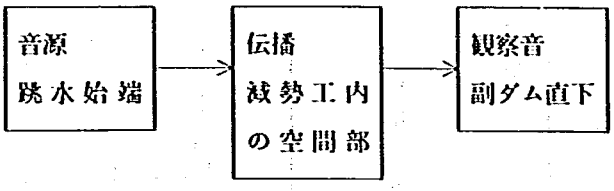
$$L = L_W - 10\log r - 8 \qquad (6\text{-}3)$$

ここに
L ：測定音圧レベル［ dB ］
L_W ：音響出力［ dB ］
r ：音源と測定位置の距離［ m ］

ここで、始端部直上の測定値および測定位置と音源の距離を用いて音源の音響出力を求めるととなる。これを(6-3)に代入してやれば任意の測点の音圧レベルを計算することができる。すなわち、跳水始端部から距離離れた測点における音圧レベルは次式で与えられる。

$$L = 94 - 10\log r \qquad (6\text{-}4)$$

式(6-4)から計算される音圧レベルを図−6.8中に実線で示した。計算値は、ほぼ測定値と一致している。したがって、跳水音は始端部からの発生音が支配的であり、音源としてはほぼ線音源とみなせるものと考えられる。このことから、地下式減勢工から発生する音の系を、図−6.9のように単純化して取り扱うこととした。図中の観察音とは地下式減勢工の系全体としての発生音であり、実験上は測点2での測定音である。



図－6.9　トンネル式減勢工の発生音の系

6.5　音源の特性

6.5.1　周波数特性

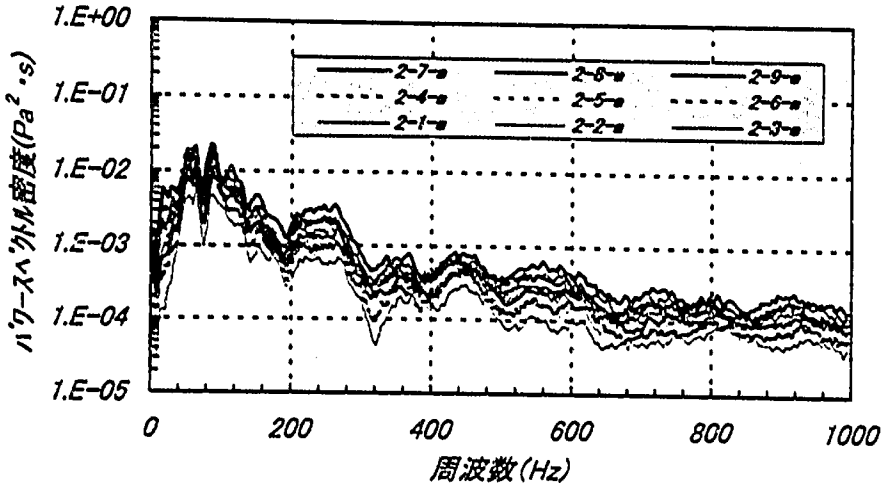
図－6.10～12に1倍、1.5倍および2倍模型の天端なしの各9ケースにおける測点1での測定音のパワースペクトルおよびパワースペクトルを示した。各図とも、上段はパワースペクトル密度（周波数当たりの音圧）を、下段はオーバーオール値で無次元化したパワースペクトルを示した。両模型とも明確ではないものの低周波帯に卓越周波数も持ち、模型縮尺が大きい方がその卓越周波数は低くなっている。各縮尺模型とも無次元されたパワースペクトルはほぼ一致しており、縮尺が同一である場合、放流条件に依らない固有の周波数特性を持つことがわかる。

付図－6.1～12および写真－6.4～9に各縮尺模型の流況を示した。これらからもわかるように、跳水には始端部から大量の空気が混入し、これによって生じた気泡は流れと浮力によって移動し、水面に達して消散する。跳水音はこの空気混入が大きく関係していると推定できる。始端部における気泡発生は図－6.13に示すように①高速の流入水脈に連行された空気による気柱の形成、②表面張力による気泡の分離、によると考えられる。森ら[1]は、鉄球の水面への落下実験から、気泡が水面から離脱する際には、Minnaert[2]が理論的に求めた次式の気泡の膨張・収縮振動（0次モードの振動）の周波数：fの音が発生するとしている。

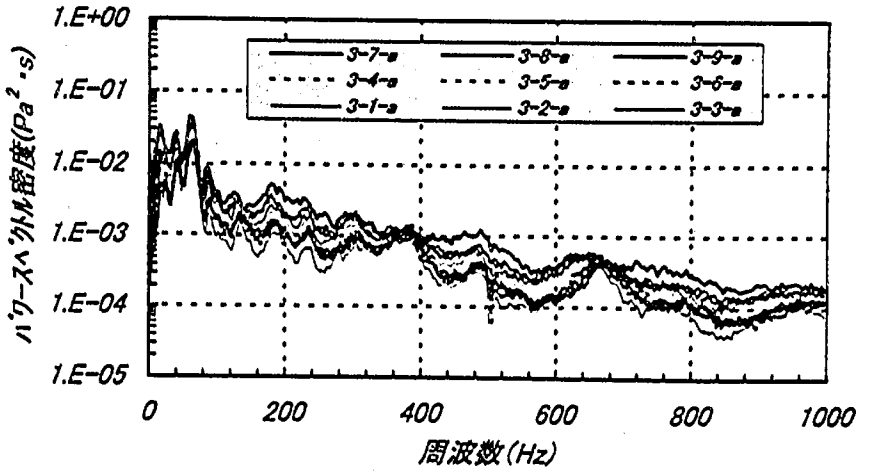
$$f=\frac{1}{\pi R}\sqrt{\frac{3rp_0}{\rho_w}-\frac{4\sigma}{\rho_w R}} \qquad (6\text{-}5)$$

ここにR：気泡の直径、r：比熱比、p_0：大気圧、
ρ_w水の密度、σ:表面張力

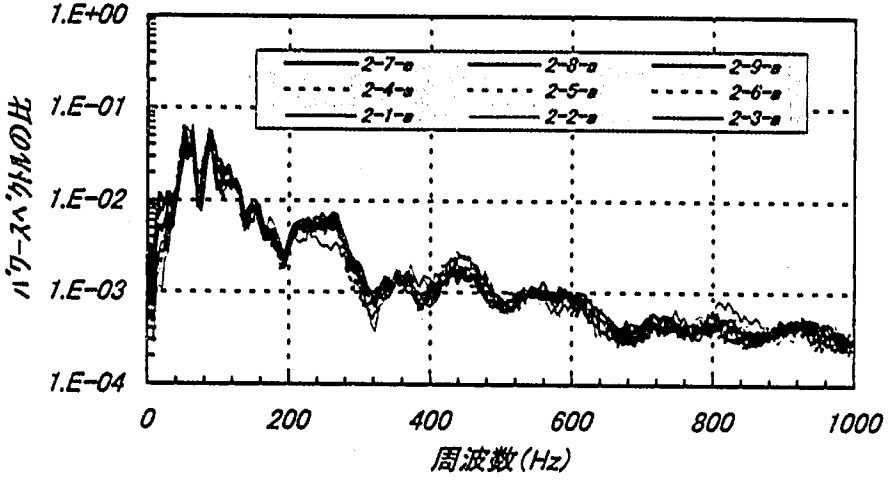
これによって発生する音の周波数と気泡径の関係を図－6.14に示す。目視による観察によれば、気泡は、数mmから数cm程度であり、様々な径がランダムに存在する。したがって、この気泡振動音は、数100Hz以上の高周波数帯の全域にわたって発生する雑音源となっていると考えられる。



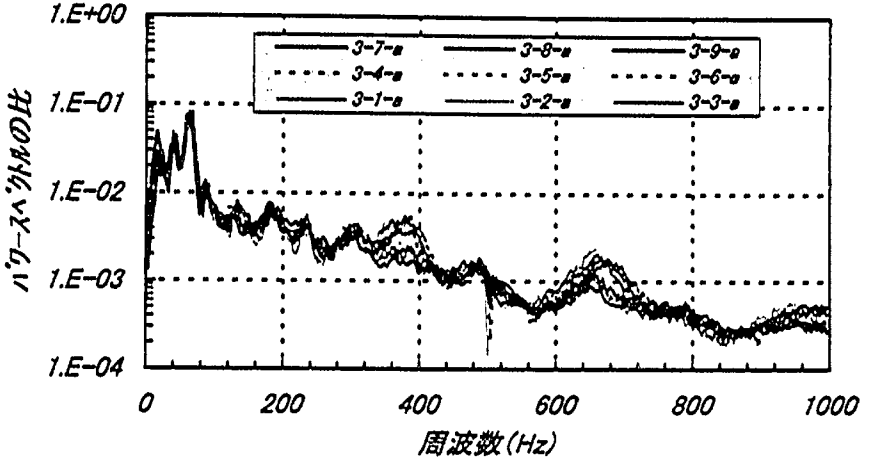
図－6･10(a)　1倍模型音源（始端部）のパワースペクトル分布



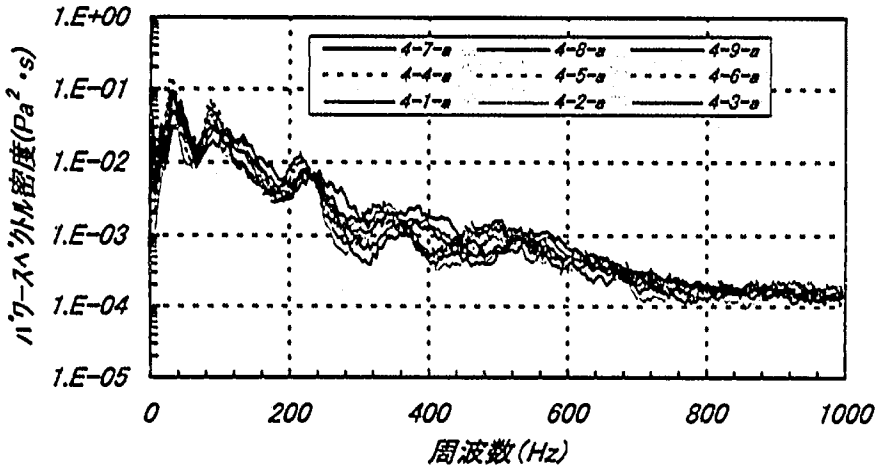
図－6･11(a)　1.5倍模型音源（始端部）のパワースペクトル分布



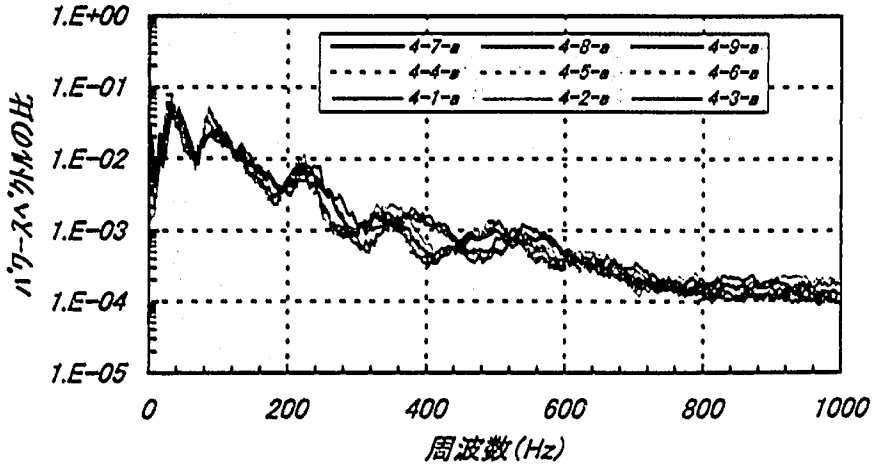
図－6.10(b)　1倍模型音源（始端部）のパワースペクトル分布



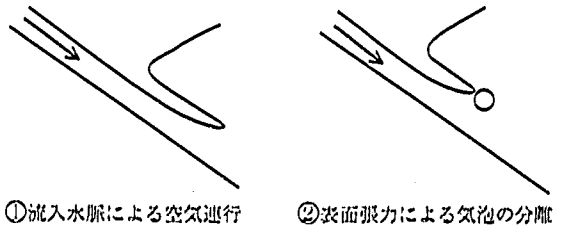
図－6.11(b)　1.5倍模型音源（始端部）のパワースペクトル分布



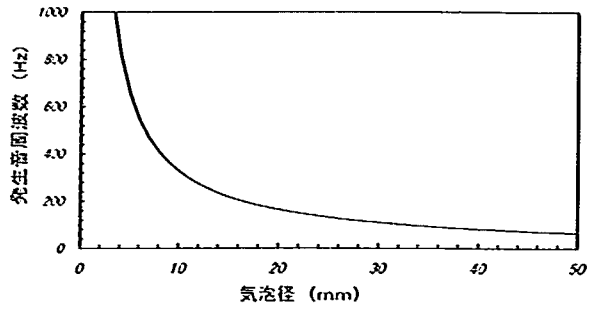
図－6･12(a)　2倍模型音源（始端部）のパワースペクトル分布



図－6.12(b)　2倍模型音源（始端部）のパワースペクトル分布

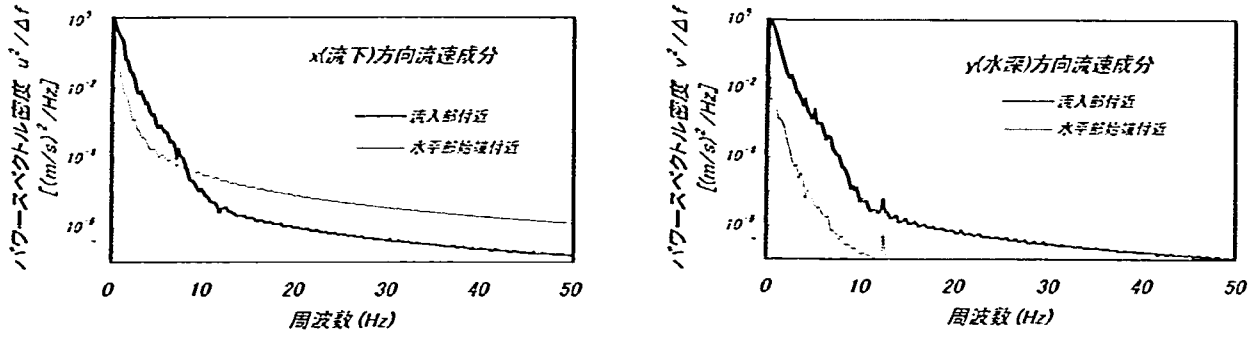


図－6.13　気泡混入の模式図



図－6.14　気泡の振動周波数

また、跳水始端部における流況は、近似的に圧力勾配のある場への二次元噴流拡散現象と考えることができる。流入した高流速の水脈によるポテンシャルコアは減勢工の水平部付近まで伸び、周辺に乱れの大きい領域を形成する。図－6.15は、1.5倍模型において流入部付近および水平部始端付近でのコア近傍の流速変動を測定したものである。低周波数が大きいほぼ雑音と呼べる周波数分布となるが、流下方向成分は水平部始端付近では低周波成分は減少し、高周波成分が増加しているのに対して、水深方向成分は全周波数領域に渡って減少している。



図－6.15　ポテンシャルコア近傍の流速変動

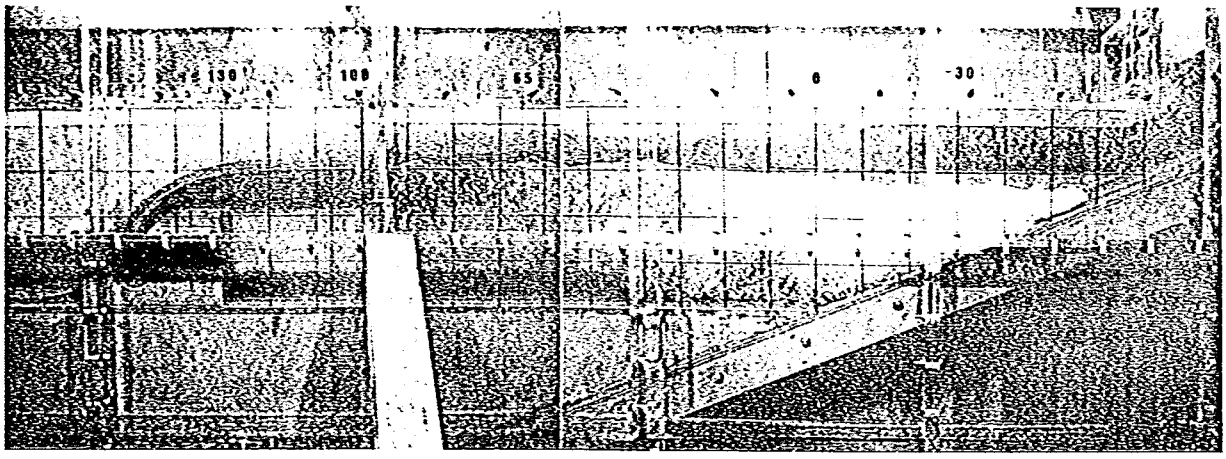
空気噴流ではこのようなコア周辺の速度変動に起因して、流下方向の場所により異なる様々な周波数の音が発生することが知られている[3]。水の場合も同様の現象が生じ得ると考えられるが、実際には空気連行が生じないように完全に水中で放流を行うと音はほとんど生じない。これは、水そのものに生じる音が小さいこと、空気との境界面での減衰が激しいことなどが考えられる。跳水には、写真－6.4～9に示すように始端部に気泡が非常に多い領域が存在し、この領域における流速変動が低周波音の発生、伝播に大きく寄与していると推測される。これは、前述の検討で、跳水の音が始端部の狭い領域から発生し、線音源とみなせたこととも符合する。

図－6.9～11には明確ではないものの卓越周波数が存在し、模型スケールが大きいほどその周波数は小さくなる。パワースペクトルが流量条件によらず一定の形状を取ることから、天井をはずしても水槽の空間部において何らかの共鳴が生じていることが考えられる。しかし、狭い範囲の流量条件であり、流速変動の測定では現れていないものの、流れそのものにある種の共振現象が生じている可能性も否定できない。

6.5.2　音源出力

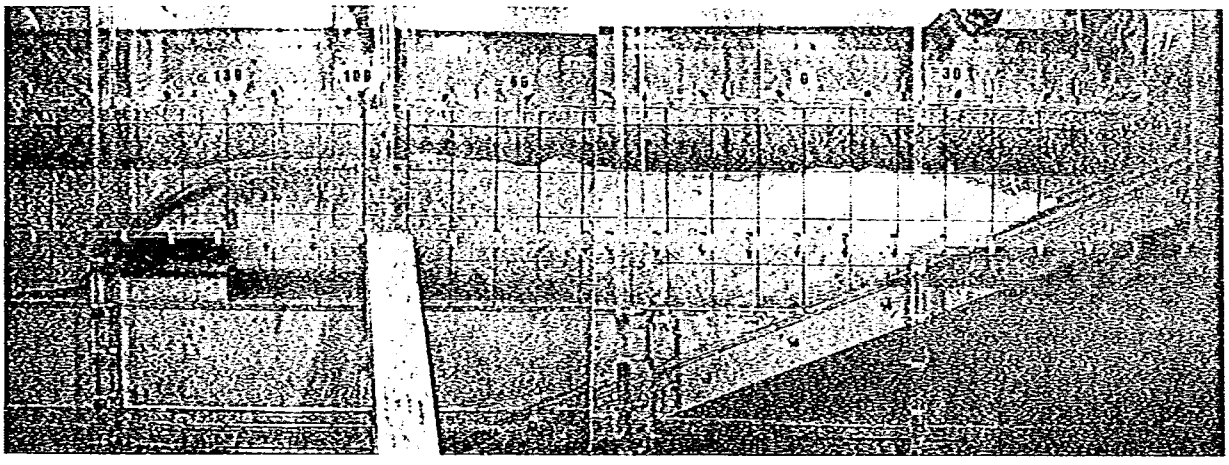
跳水音が始端部における流速変動や空気混入に伴うものとすれば、音源出力は流入水脈の運動エネルギーや流速に大きく依存するものと考えられる[1]。始端部を線音源とみなせば、測点1での音圧実効値から音源の単位長さ当たりの出力は次式で求めることができる。

$$W = 2\pi rI = 2\pi rI\frac{p^2}{\rho_a c} \qquad (6\text{-}6)$$



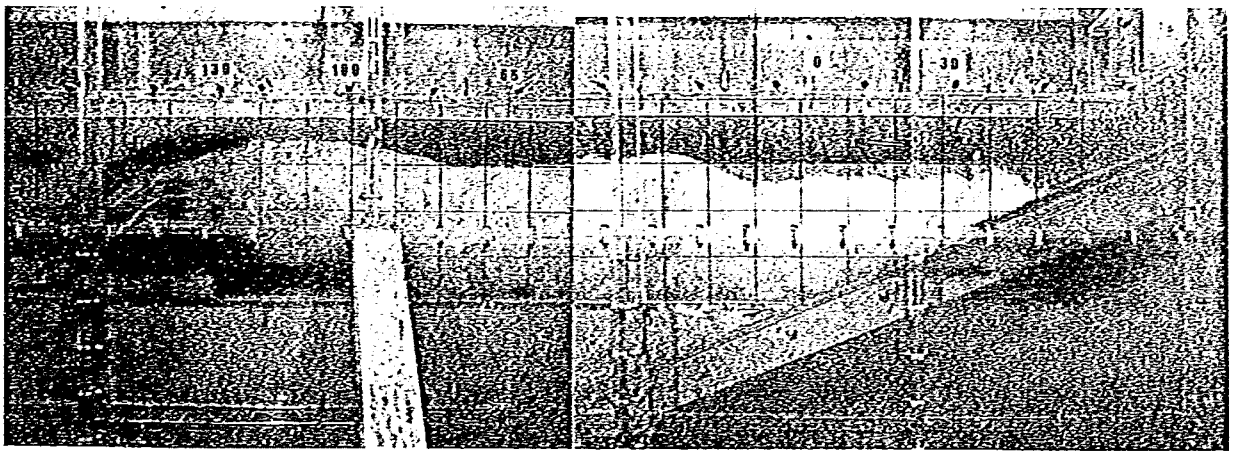
No.1－1－b　1/2模型　d＝21.8cm　D＝43.5cm　h_1＝1.5cm　Z＝1.469m　Q＝9.70ℓ/s

写真－6.4　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝43.5cm，h_1＝1.5cm，Z＝1.5m）



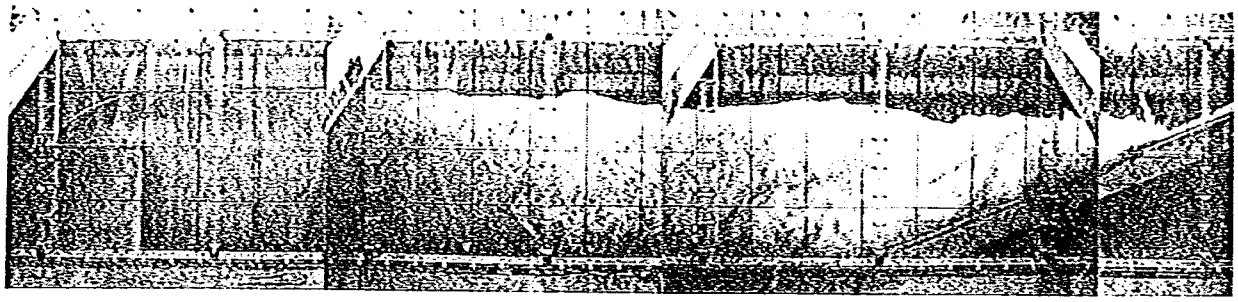
No.1－4－b　1/2模型　d＝21.8cm　D＝43.5cm　h_1＝2cm　Z＝1.469m　Q＝13.26ℓ/s

写真－6.5　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝43.5cm，h_1＝2cm，Z＝1.5m）



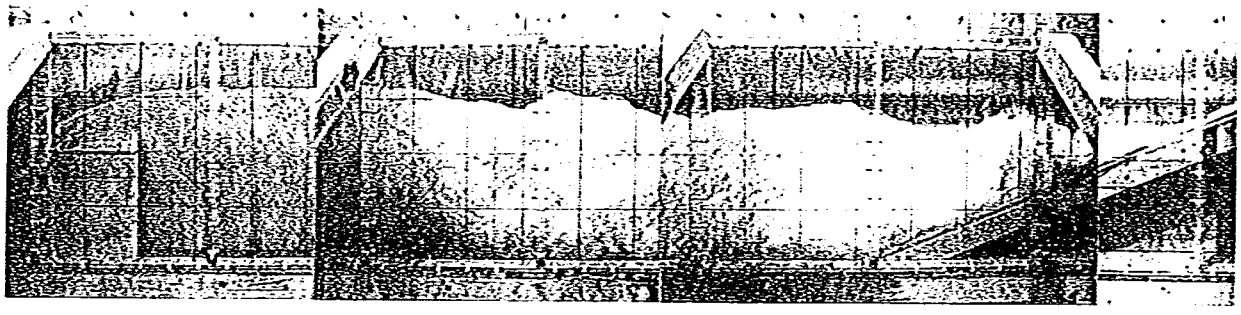
No.1－7－b　1/2模型　d＝21.8cm　D＝43.5cm　h_1＝3cm　Z＝1.518m　Q＝20.03ℓ/s

写真－6.6　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝43.5cm，h_1＝3cm，Z＝1.5m）



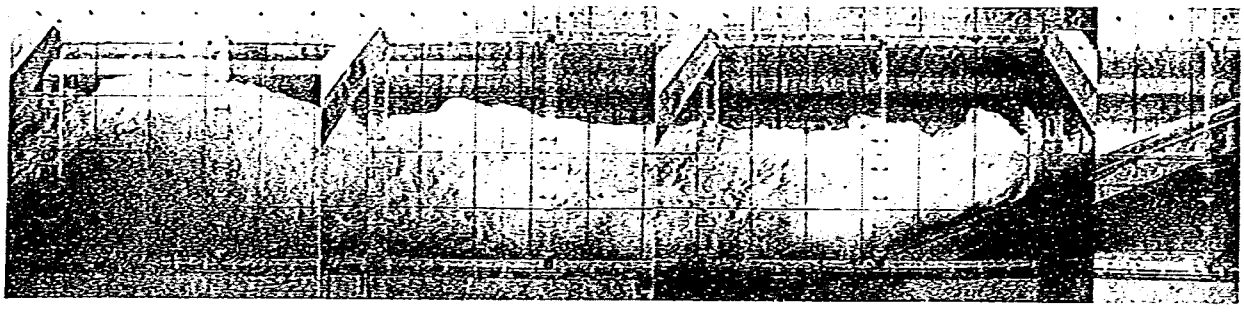
No 2－1－b　1/1模型　d＝43.5cm　D＝87cm　h_1＝3cm　Z＝3.005m　Q＝28.01ℓ/s

写真－6.7　1/1模型副ダム原形状の流況（D＝87cm，h_1＝3cm，Z＝3m）



No 2－4－b　1/1模型　d＝43.5cm　D＝87cm　h_1＝4cm　Z＝3.013m　Q＝37.80ℓ/s

写真－6.8　1/1模型副ダム原形状の流況（D＝87cm，h_1＝4cm，Z＝3m）



No 2－7－b　1/1模型　d＝43.5cm　D＝87cm　h_1＝6cm　Z＝3.009m　Q＝54.64ℓ/s

写真－6.9　1/1模型副ダム原形状の流況（D＝87cm，h_1＝6cm，Z＝3m）

ここに W :単位幅当たり音源出力〔w/m〕、c ：音速〔m/s〕

I ：音の強さ〔w/㎡〕、p ：音圧実効値〔Pa〕

r ：音源と測点の距離〔m〕、ρ_a ：空気の密度〔kg/㎥〕

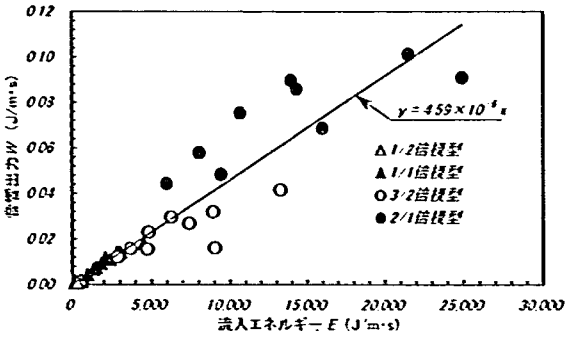
一方、単位時間単位幅当たりの流入エネルギーは次式で与えられる。

$$E = \frac{\rho_w q V^2}{2} \qquad (6\text{-}7)$$

ここに E ：単位幅単位時間当たり流入エネルギー〔J/s/m〕

q ：単位幅流量〔㎥/s/m〕、V ：流入流速〔m/s〕

図－6.16に、全実験ケースの音源出力と流入エネルギーとの関係を示す。これらは、ばらつきはあるものの、模型縮尺に依らず、また、フルード数の異なる流況を含むにもかかわらず次式に示される一定の比例関係を持つことがわかる。



図－6.16　跳水の発生音と流入エネルギーの関係

$$W = \alpha E \qquad (6\text{-}8)$$

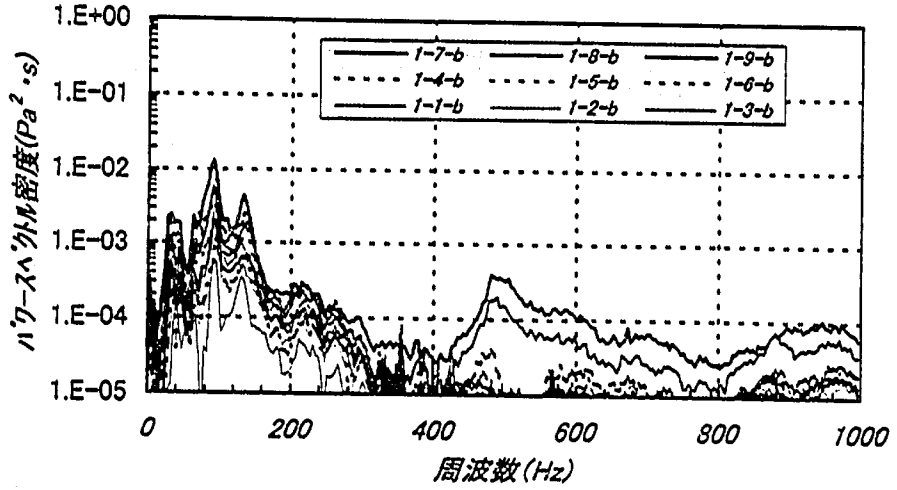
この比例定数 α は跳水における流れのエネルギーから音のエネルギーへの変換効率と考えられ、通常の洪水吐きの対象流量条件下では、縮尺や流況に依らない減勢工形状固有の値を持つと解釈できる。本減勢工形状では、流入エネルギーの約5×10^{-3}%が音のエネルギーに変換される結果となっている。

6.6　伝播特性

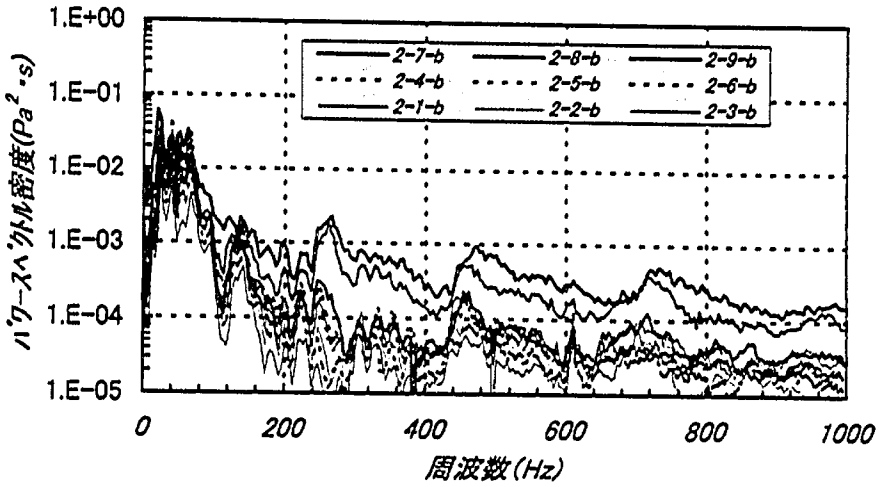
6.6.1　伝播音の周波数特性

図－6.15～18に天端を設けた場合の各模型縮尺の測点２における測定音のパワースペクトルの例を示した。また、図－6.19に各縮尺模型の比較（実験no.1-7-b,2-7-b,3-7-b,4-7-b）を示した。得られたパワースペクトルは、図－6.11～13に示した音源とは異なった卓越周波数を持っており、跳水始端で発生した音が、水面と天端にはさまれた細長い空間を伝播してくる際に何らかの共鳴現象を起こしているものと考えられる。上下流方向には上流を閉、下流開とする気柱共鳴、高さ方向および幅方向には両端が閉じた気柱共鳴とした場合の０次の共鳴周波数を図－6.19に付記している。これによれば、上下流方向および高さ方向の気柱共鳴は、測定音の卓越周波数とほぼ対応する。一方、幅方向の共鳴は現れていないが、これは高周波帯には高次の共鳴が混在するためと考えられ、卓越周波数は不明瞭である。

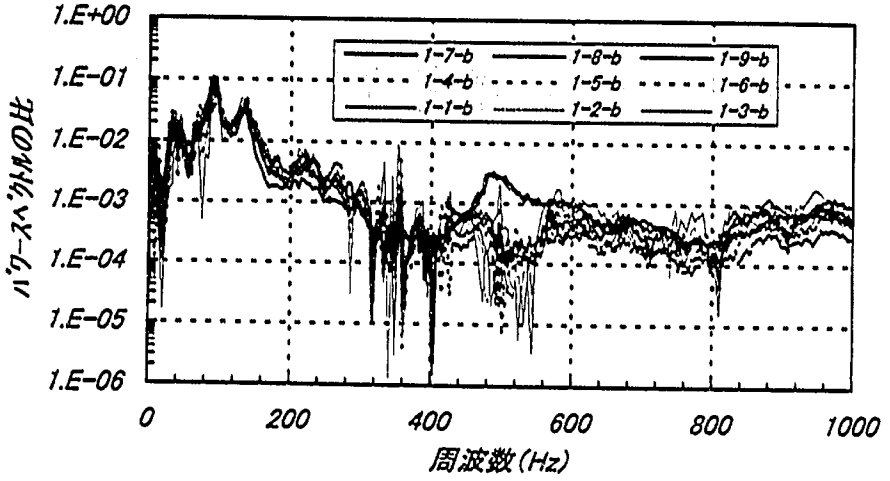
また、これを確認するために行った天端の高さを変えた場合のパワースペクトルの比較を図－6.20



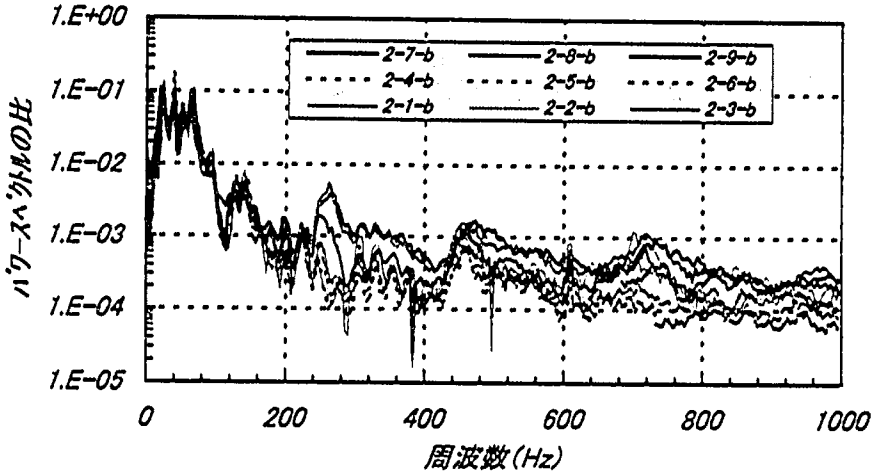
図－6.17(a)　0.5倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布



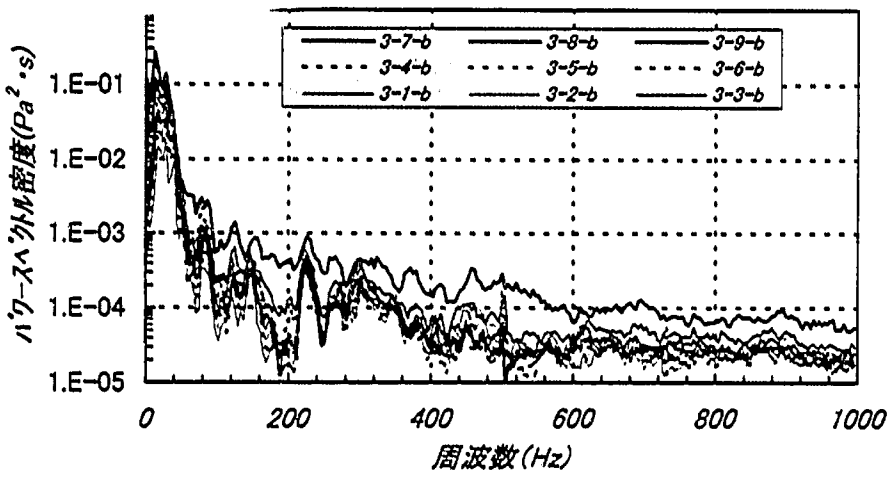
図－6.18(a)　1倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布



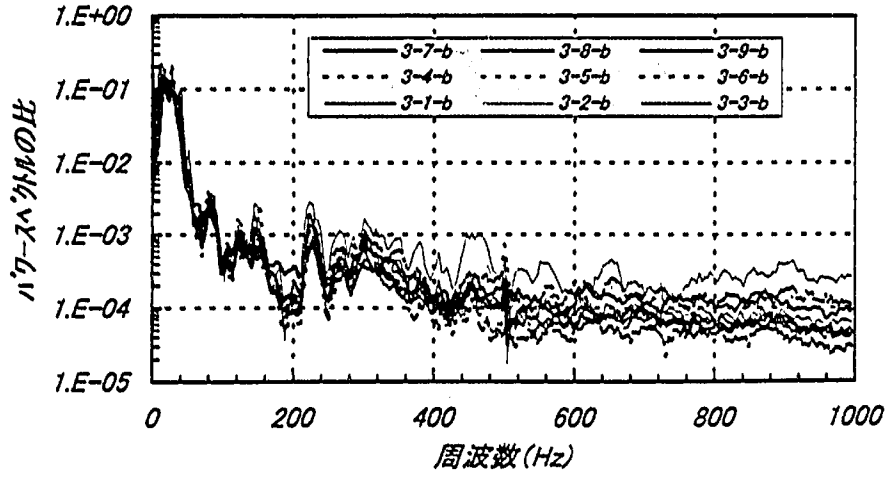
図－6.17(b)　0.5倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布



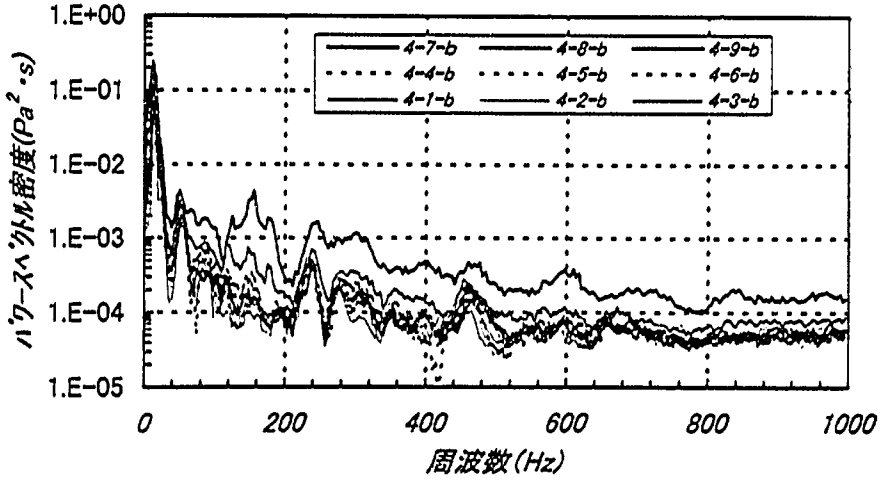
図－6.18(b)　1倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布



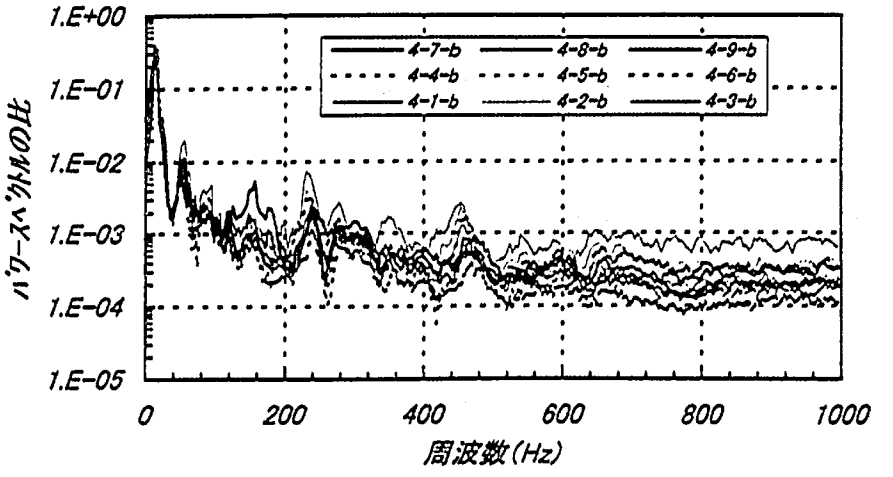
図－6.19(a)　1.5倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布



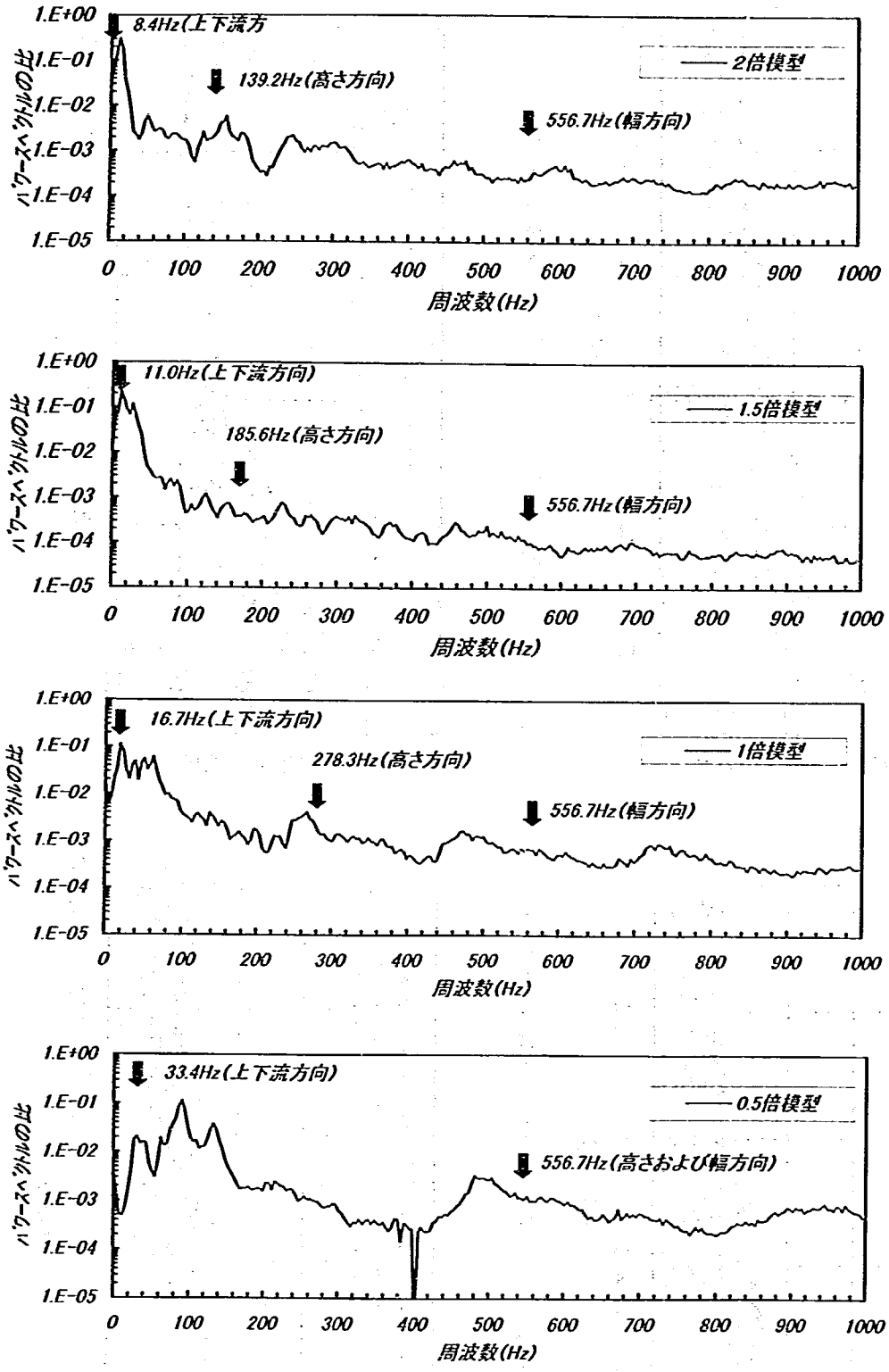
図－6.19(b)　1.5倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布



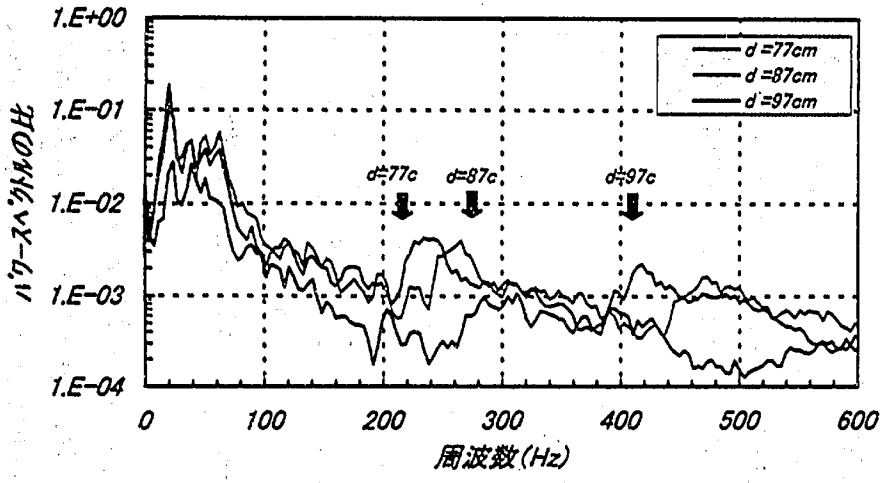
図－6.20(a)　2倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布



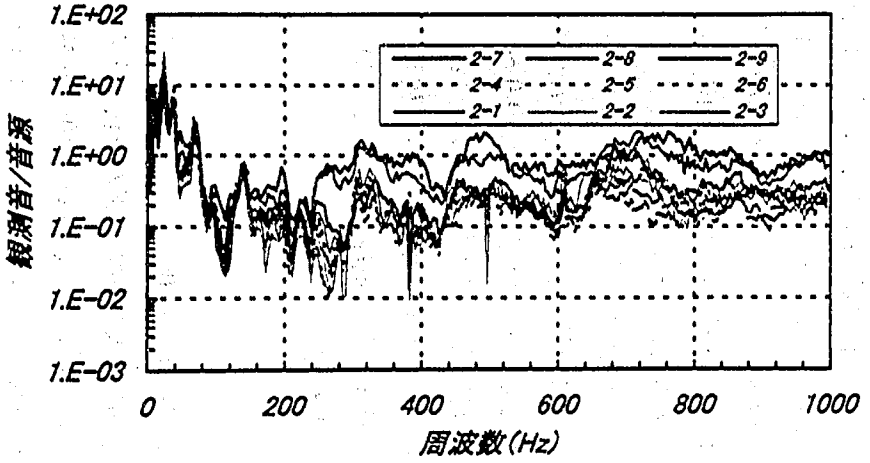
図－6.20(b)　2倍模型観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布



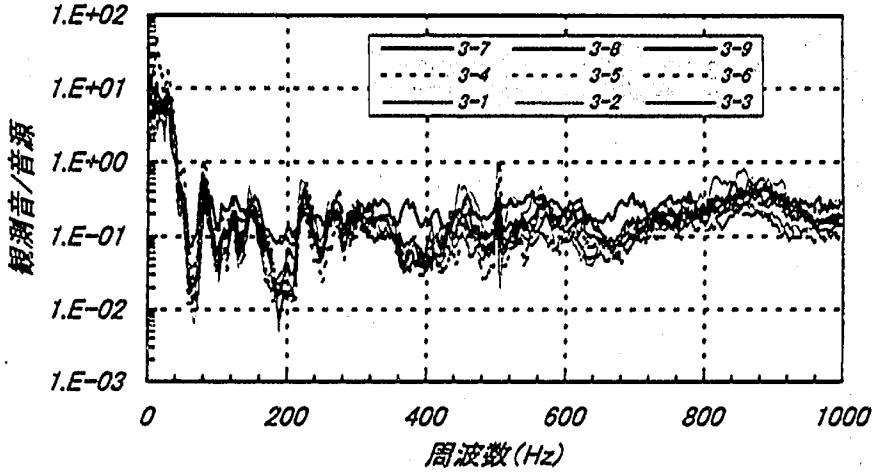
図－6.21　観測音（副ダム直下）のパワースペクトル分布の比較



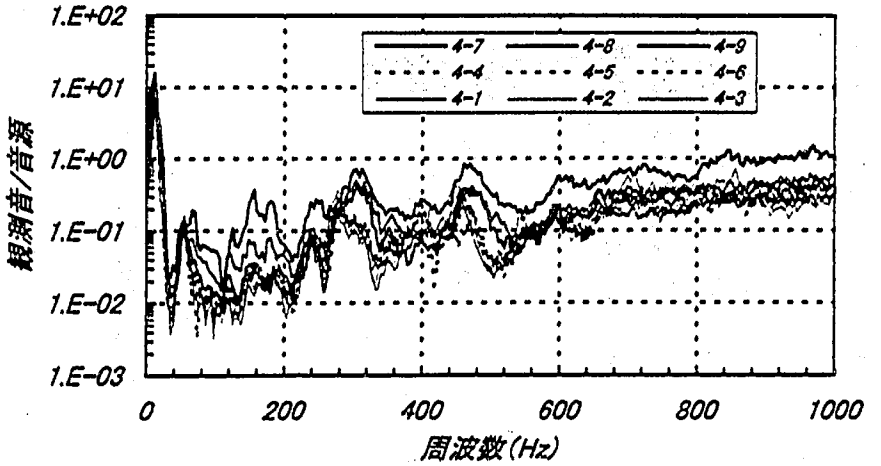
図－6.22　天端高さによるパワースペクトルの変化



図－6.23　1倍模型伝達関数（観測音／音源）のパワースペクトル分布



図－6.24　1.5倍模型伝達関数（観測音／音源）のパワースペクトル分布



図－6.25　2倍模型伝達関数（観測音／音源）のパワースペクトル分布

に示す。図中には各天端高に対応する高さ方向の共鳴周波数を付記している。図によれば高さ方向の共鳴に対応すると予想された300Hz付近の卓越周波数のみ変化しており、この解釈を裏付ける結果となっている。

なお、給気管直上（測点３）の測定結果を付図－6.13～15　に示した。これらは卓越周波数がやや不明確なものの、測点２の観測音とほぼ同様な周波数特性となっているが、音圧のオーバーオール値は、測点２に比較すると非常に小さく、音圧で1/10程度（音圧レベルで10dB小さい）となっている。

6.6.2　伝達関数

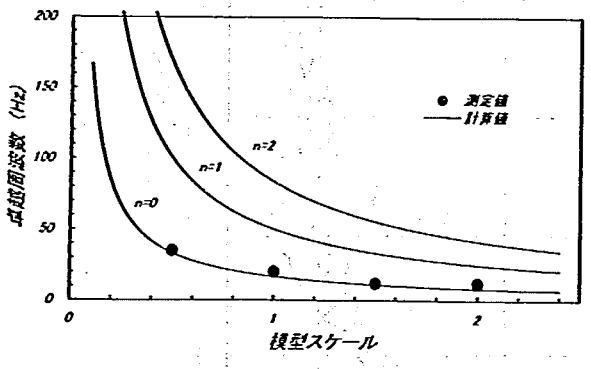
測定音は模型スケールが大きいほど低い卓越周波数を持っているが、前述のように音源も既に何らかの周波数特性を持っているので、ここでは各周波数毎に発生音がどのように増幅あるいは減衰して地下空間を伝播しているかを明確にするために、以下に定義する伝達関数を求めてみる。

伝達関数
＝観測音/音源
＝天井を設けた場合の測点２の測定音
　/天井を設けない場合の測点１の測定音　　(6-9)

ただし、天端をはずしても測点１での測定音にはある程度の共鳴は含んでいると考えられるので、厳密な意味での伝達関数とはなっていないことに注意しておく必要がある。

図－6.23～25に1倍、1.5倍および2倍模型の各９ケースにおける伝達関数を示した。両模型とも低周波数帯に明確な卓越周波数帯を持ち、No.2-7,2-8,4-7,4-8で高周波数帯にやや相違が見られるものの、流況に依らず関数形はほぼ一致する。これは、伝達関数が水面と天井にはさまれた空間形状にほぼ依存し、模型形状のスケールごとに一意的に決まることを示している。高周波数帯において相違を生じている数ケースは、いずれも副ダム下流面において流れの剥離が生じており、これに起因する新たな音が加わっているものと考えられる。

図－6.26に得られた卓越周波数と模型スケールの関係を示した。計算値は、空間部分を上流側を閉、下流側を開とした上下流方向の気柱の０～２次モード共鳴周波数を示したものである[5)]。測定値は0次の計算値とほぼ一致し、跳水発生音は地下空間内を伝播する際に気柱共鳴を生じているものと考えることができる。



図－6.26　模型スケールと卓越周波数

6.6.3　減勢工形状による変化

図－6.27に同一の流入条件で副ダム形状を変えた場合の測点２における観測音のパワースペクトルおよび流況の比較を示した。（写真－6.10～15参照）このケースは実験ケースのうちで最も流況に差が生じたケースであるが、観測音のパワースペクトルは200Hz以上にわずかな差がみられるものの、

低周波数帯における卓越周波数の分布形状はほとんど変化していない。最も変化の大きい300Hz付近のピークは前節の検討で高さ方向の共鳴と考えられた部分であるが、図−6.27に示したように副ダム高さを変えたことにより、空断面形状のうち始端部付近の高さが変化しており、これに対応して共鳴周波数付近の分布形状に変化が生じたと捉えることもできるが、あまり明確な差違ではない。また、当然のことながら音圧のオーバーオール値にも差はほとんど生じていない。

副ダム形状を変えて実験を行った全てのケースについて、測点2～3における観測音のパワースペクトルと流況を附図−6.97～120に示しているが、いずれのケースについても副ダム形状を変えたことによる観測音への影響はほとんど現れていない。

以上のように、流入条件と模型縮尺が同一であれば、多少の流況の変化が生じても発生音は変化しない。これは、流入条件が同一であれば音源となっていると考えられる跳水始端部の流況はほとんど変化しないこと、模型縮尺が同一であれば伝播特性を支配していると考えられるトンネル上部の空断面形状が変化しないこと、によるものと考えられる。

6.7 跳水発生音の相似則

6.7.1 音の相似則とフルードの相似則

いま、注目する音の波長が模型寸法の代表長さと線形な関係にあるものと仮定すれば、縮尺の模型で再現される音の波長は原型の1/n倍になると考えられる。一方、音速は原型、模型とも変化しないので、周波数について以下の音の相似則が成立する。[3)]

$$\frac{f_p}{f_m}=\frac{c/\lambda_p}{c/\lambda_m}=\frac{1}{n} \qquad (6\text{-}10)$$

ここに、λ ：波長、f ：周波数、c ：音速

添字pは原型値を、mは模型値を表す。(以下同様)

一方、水理現象は重力が卓越した現象と考えられることからフルード相似則に基づいて実験が行われる。すなわち

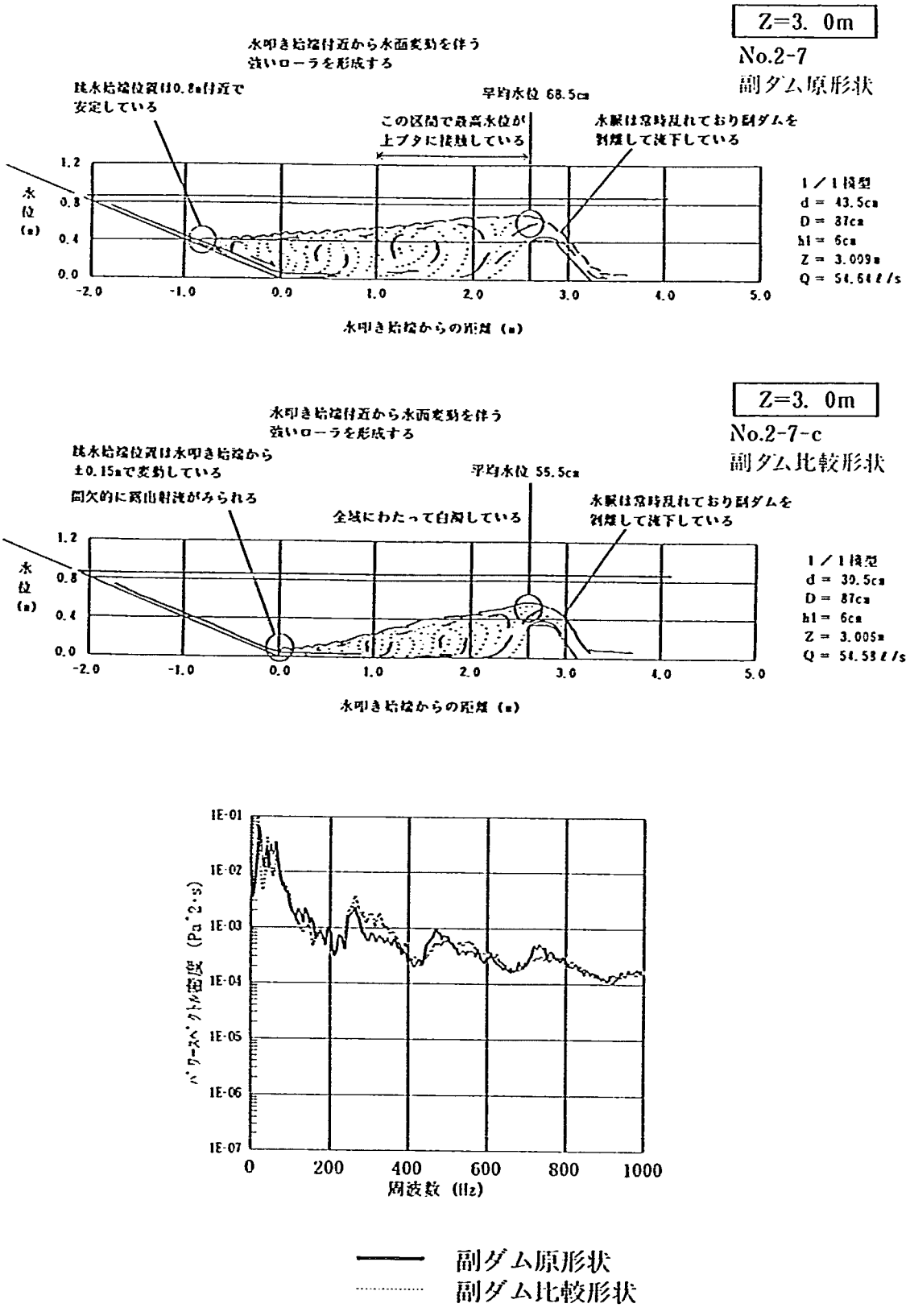
$$Fr=\frac{v_p}{\sqrt{gL_p}}=\frac{v_m}{\sqrt{gL_m}} \qquad (6\text{-}11)$$

ここに、Fr ：フルード数、v ：流速、L ：代表寸法

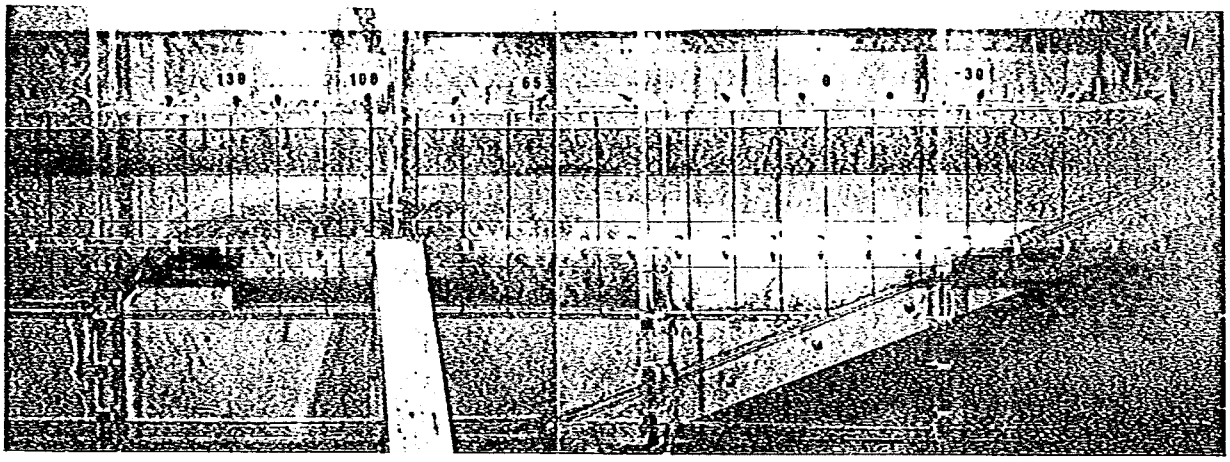
が成立するように流速および模型寸法が設定される。(6-11)式より時間および流速について以下の関係が成り立つ。

$$\frac{v_p}{v_m}=\frac{T_p}{T_m}=\sqrt{n} \qquad (6\text{-}12)$$

したがって、発生音が流れの周期的な現象により生じている場合は、周波数は次式によって換算さ

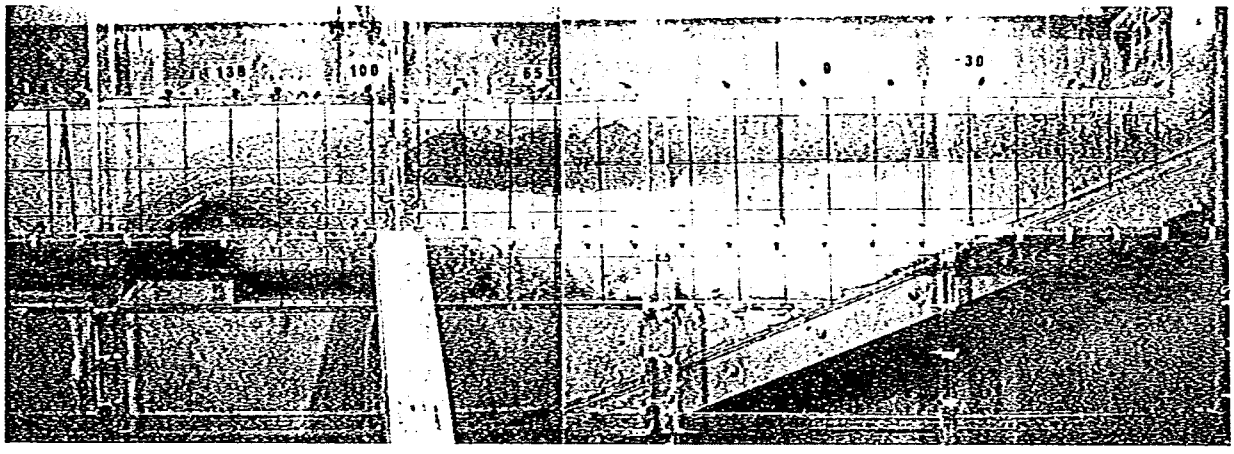


図－6.27　副ダム形状の変化による流況と音圧パワースペクトルの変化



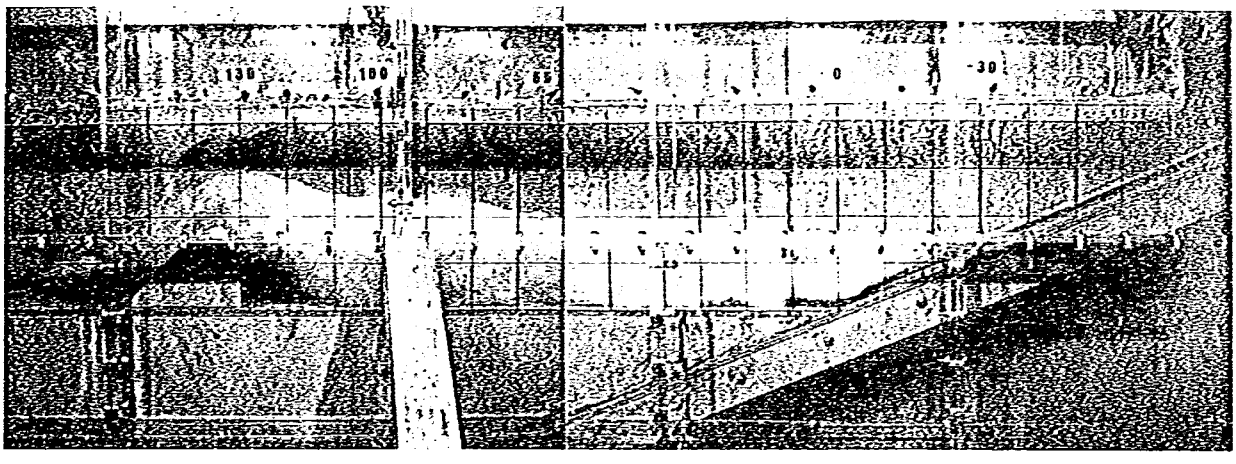
No.1－1－c　1/2模型　d＝15.3cm　D＝43.5cm　h_1＝1.5cm　Z＝1.498m　Q＝9.78ℓ/s

写真－6.10　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝43.5cm，h_1＝1.5cm，Z＝1.5m）



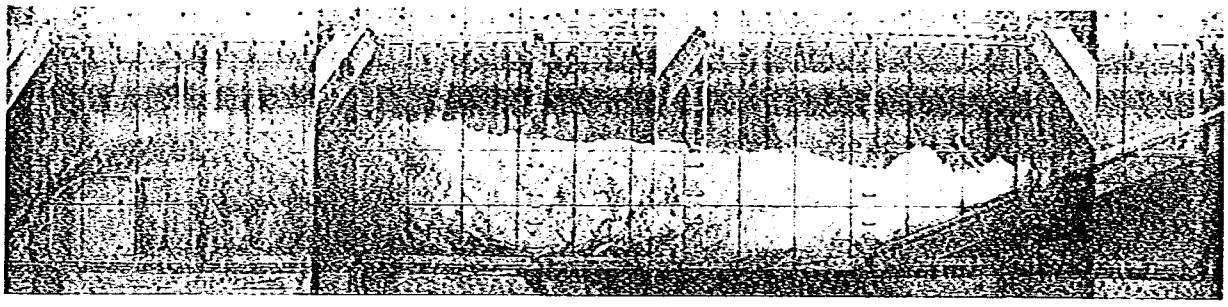
No.1－4－c　1/2模型　d＝15.3cm　D＝43.5cm　h_1＝2cm　Z＝1.499m　Q＝13.20ℓ/s

写真－6.11　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝43.5cm，h_1＝2cm，Z＝1.5m）



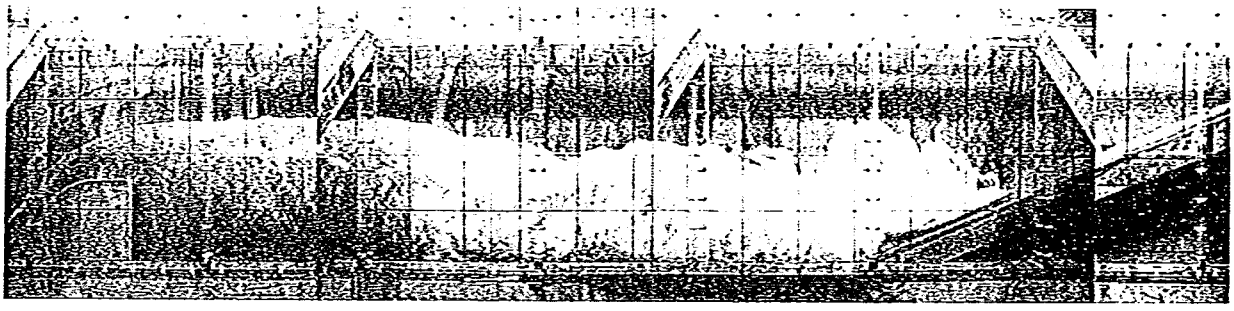
No.1－7－c　1/2模型　d＝15.3cm　D＝43.5cm　h_1＝3cm　Z＝1.500m　Q＝19.89ℓ/s

写真－6.12　1/2模型副ダム原形状の流況（D＝43.5cm，h_1＝3cm，Z＝1.5m）



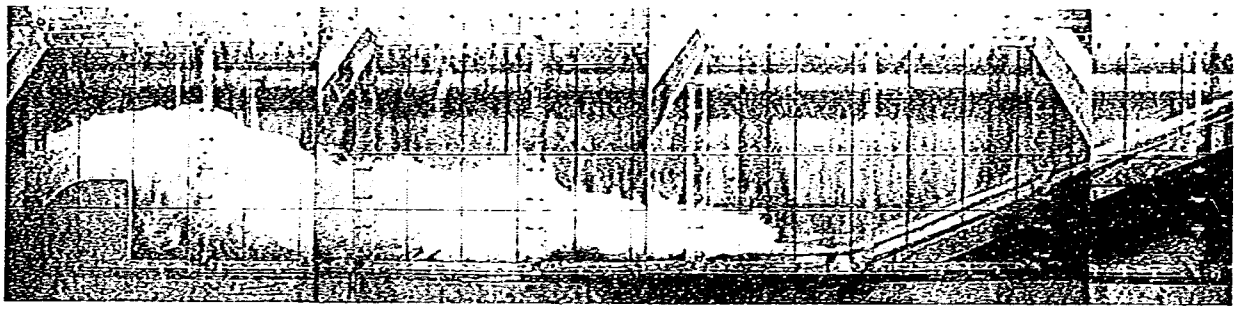
№2－1－c　1/1模型　d＝30.5cm　D＝87cm　h_1＝3cm　Z＝3.021m　Q＝28.17ℓ/s

写真－6.13　1/1模型副ダム比較形状の流況（D＝87cm，h_1＝3cm，Z＝3m）



№2－4－c　1/1模型　d＝30.5cm　D＝87cm　h_1＝4cm　Z＝3.006m　Q＝37.71ℓ/s

写真－6.14　1/1模型副ダム比較形状の流況（D＝87cm，h_1＝4cm，Z＝3m）



№2－7－c　1/1模型　d＝30.5cm　D＝87cm　h_1＝6cm　Z＝3.006m　Q＝54.58ℓ/s

写真－6.15　1/1模型副ダム比較形状の流況（D＝87cm，h_1＝6cm，Z＝3m）

れる。

$$\frac{f_p}{f_m} = \frac{1T_p}{1T_m} = \frac{1}{\sqrt{n}} \qquad (6\text{-}13)$$

また、6-4で議論した気泡振動音の周波数を決める気泡径には水の表面張力の影響が大きいと考えられる等、発生要因にはこれら以外の因子も考えられる。

6.7.2 原型値への換算方法

(1) 周波数特性

図－6.4に示した音源の無次元パワースペクトル中の1つ（実験no.2-4-a）について、(6-10)および(6-12)式を用いて0.5倍模型値、1倍模型値および1.5倍模型値を2倍模型値へ換算し、2倍模型実測値と比較した結果を図－6.28～29に示す。図－6.28に示した(6-10)式による換算がやや良い一致を示しているが、これは、今回の実験条件の範囲では音源のパワースペクトルが模型形状・スケールが一定ならば固有の形状を持つためと考えられる。しかし、跳水音の音源は、支配要因の異なる複数の音源の和である可能性が高く、実用上は原型への換算は(6-12)式も含めた幅を持った取り扱いが必要であろう。

一方、伝達関数は、水面と天端の間の空間形状にのみ依存すると考えられるので、式(6-10)による換算が可能なはずである。図－6.23～25に示した伝達関数のパワースペクトルの1つ(実験no.2-1)について、上記と同様に(6-10)式および（6-12）式を用いて0.5倍模型値、1倍模型値および1.5倍模型値を2倍模型値へ換算し、2倍模型実測値と比較した結果を図－6.30～31に示した。図－6.30に示した(6-10)式による換算によって比較的良好な伝達関数の周波数特性の再現が得られている。

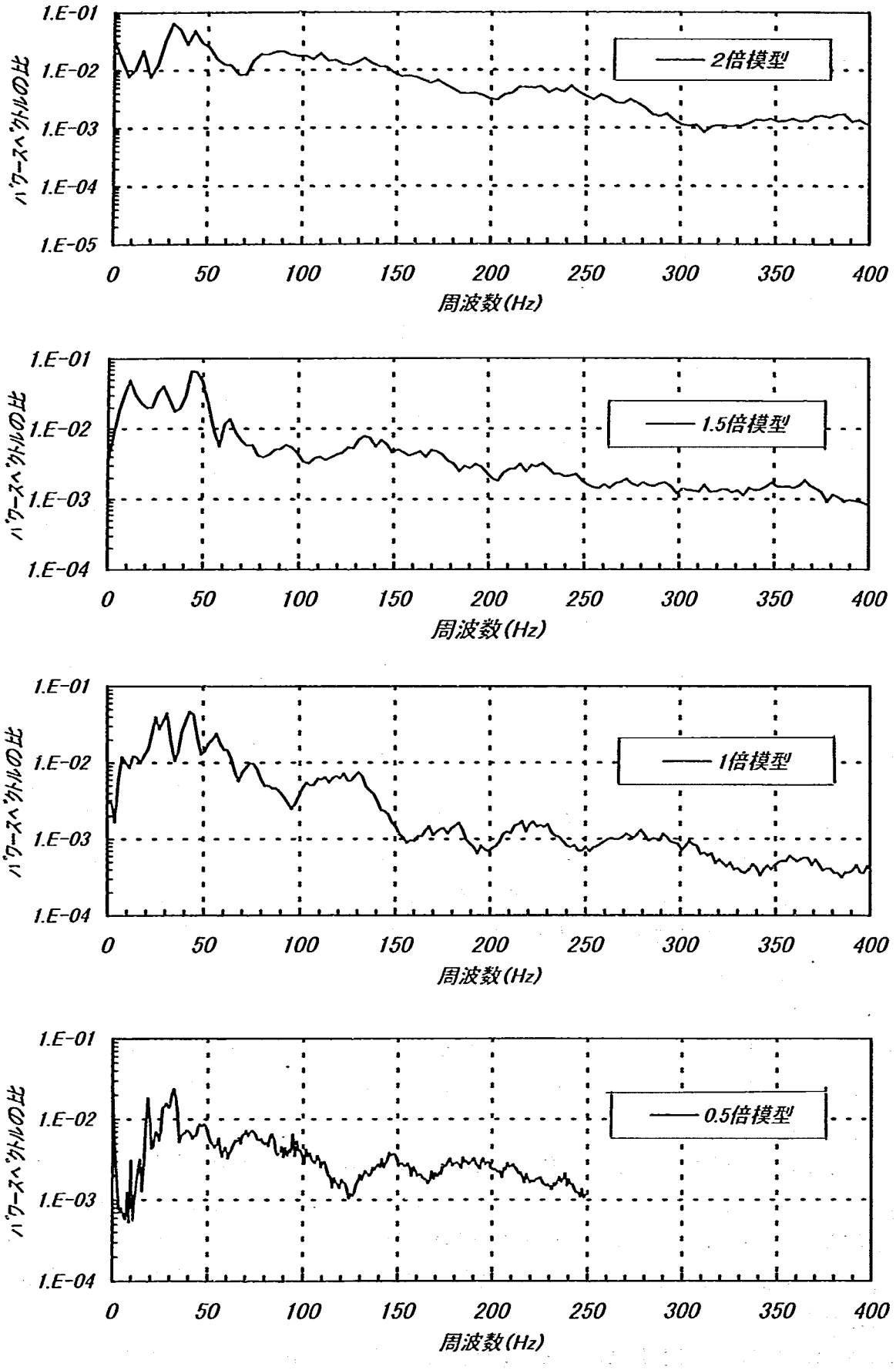
また、測点2における観測音の無次元パワースペクトル中の1つ（実験no.2-4-b）について、(6-10)式を用いて0.5倍模型値、1倍模型値および1.5倍模型値を2倍模型値へ換算し、2倍模型実測値と比較した結果を図－6.32に示す。この図は結果として前述の図－6.28と図－6.30を掛け合わせたものとなっている。したがって、音源と伝達関数がともに音の相似による換算が可能であれば各縮尺からの換算値は一致するはずであるが、伝達関数のみの換算に比較すると、卓越周波数の出現状況にやや相違が見られるようである。

(2) 音源出力

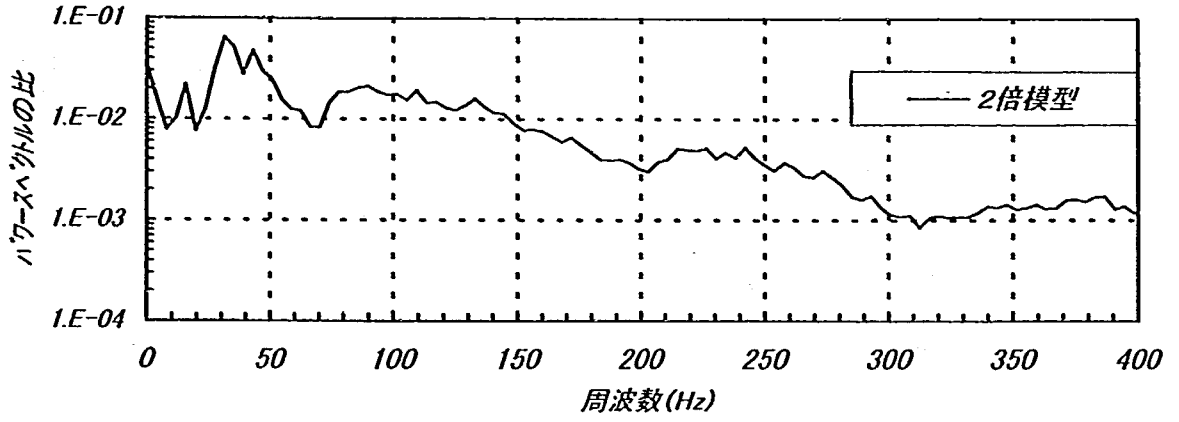
前節の議論は、音圧のオーバーオール値で除して無次元化したパワースペクトルの分布形状についての議論であり、各周波数間の相対的な評価である。したがって、音圧の大きさそのものについては別途評価が必要である。

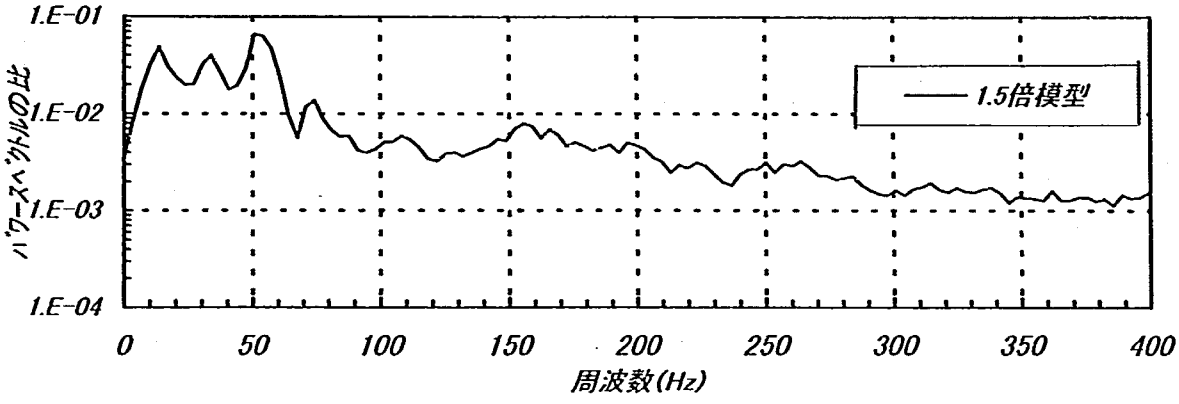
6.5.2に示した検討によれば、音源出力と流入エネルギーの関係は式(6-8)で表され、変換効率は模型の形状が相似であれば、模型縮尺やフルード数に依らず一定の値をとる。音源出力を決める要因のうち、流入エネルギーについては、フルード相似則に基づいて模型実験値から原型値をほぼ正確に見積もることが可能である。したがって、変換効率が原型値まで一定であると仮定すれば、原型の音源出力を求めることができる。

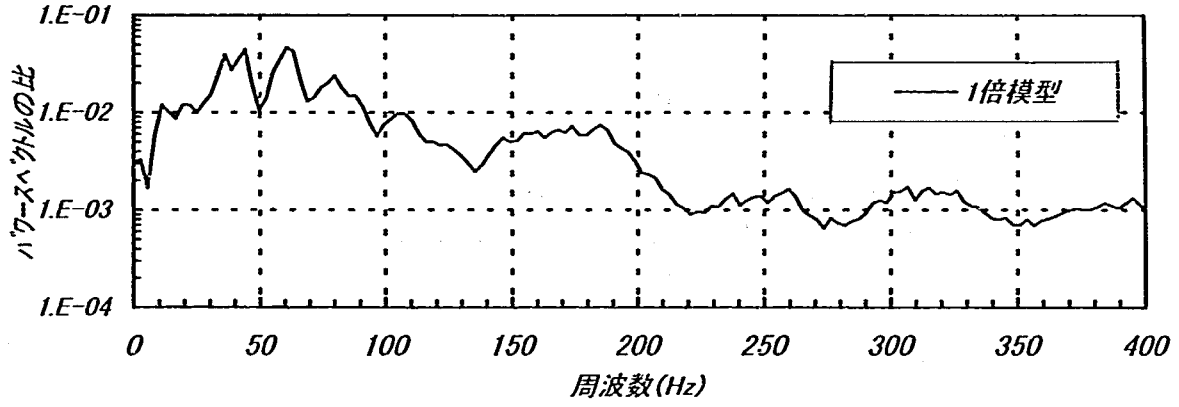
式(6-8)は、流況がほぼ同様（相似）であれば縮尺が変わっても跳水時の流入エネルギーから音のエネルギーへの変換効率が一定であると考えて、実験結果を整理したものであり、跳水音の発生メカ

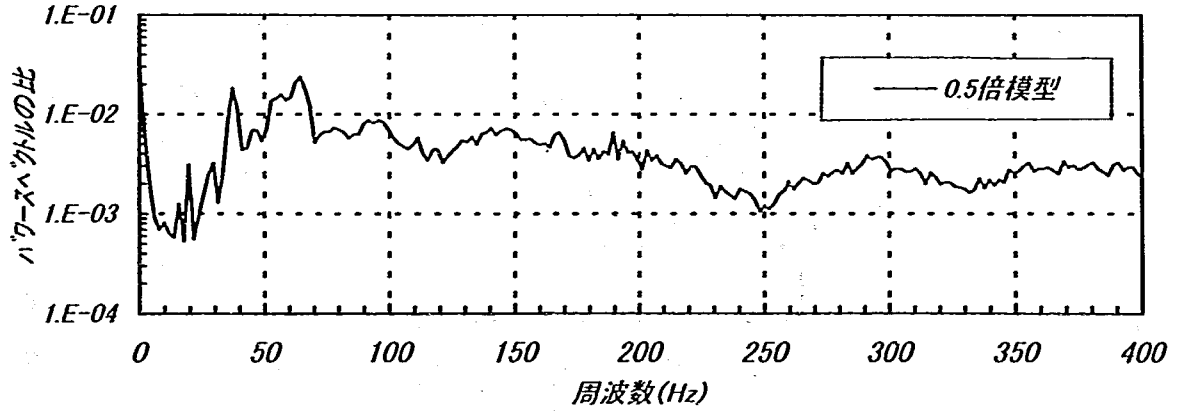


図－6.28　音源（始端部）のパワースペクトルの換算（音の相似則）

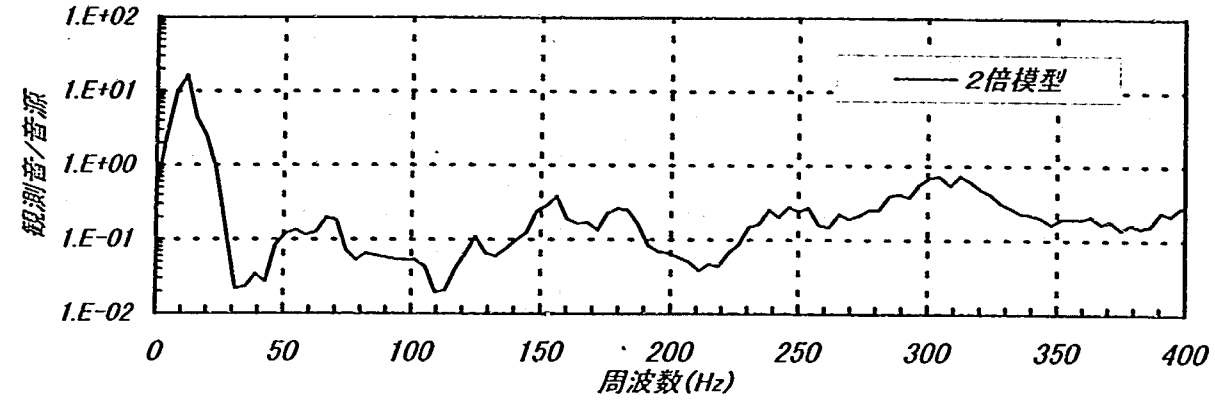


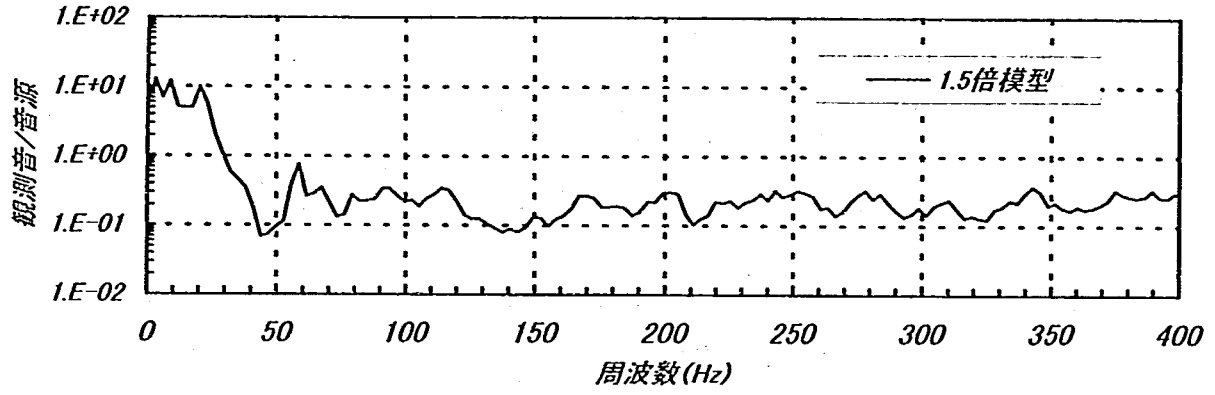


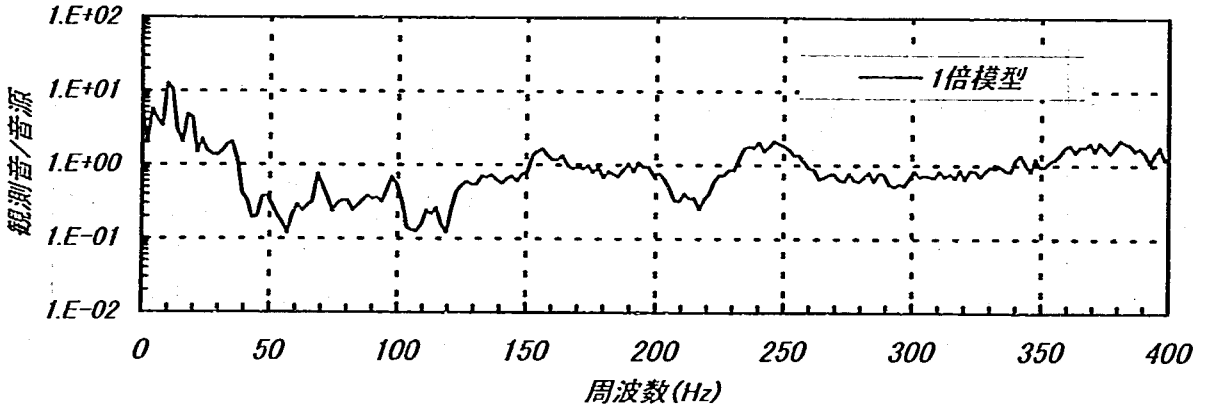


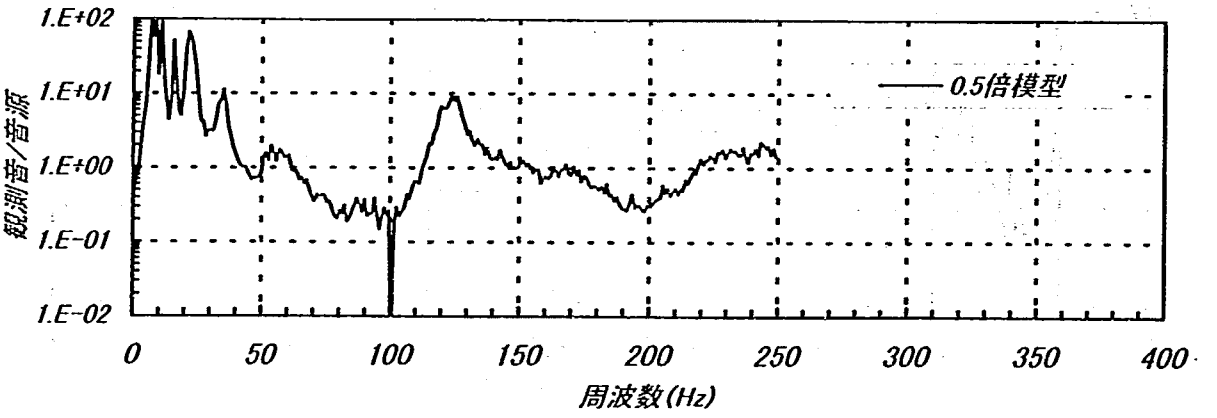


図－6.29　音源（始端部）のパワースペクトルの換算（フルード相似則）

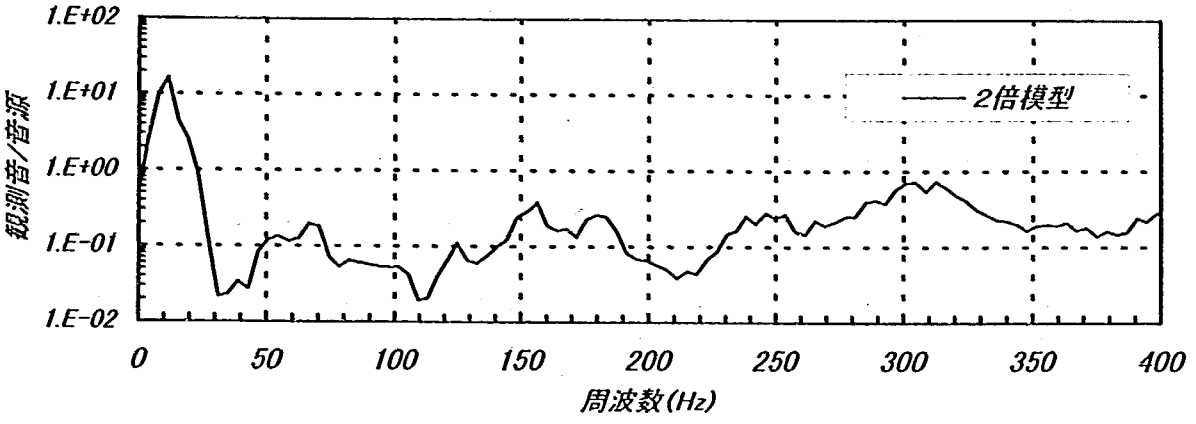


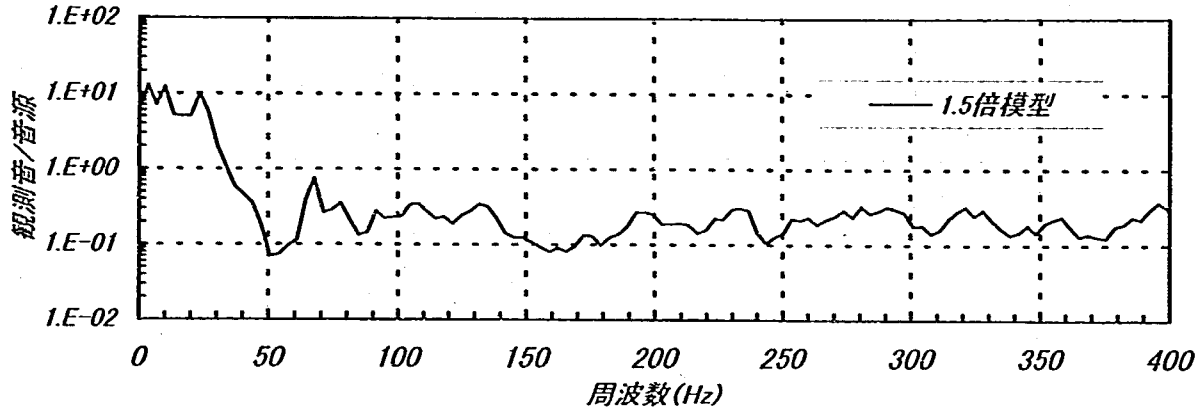


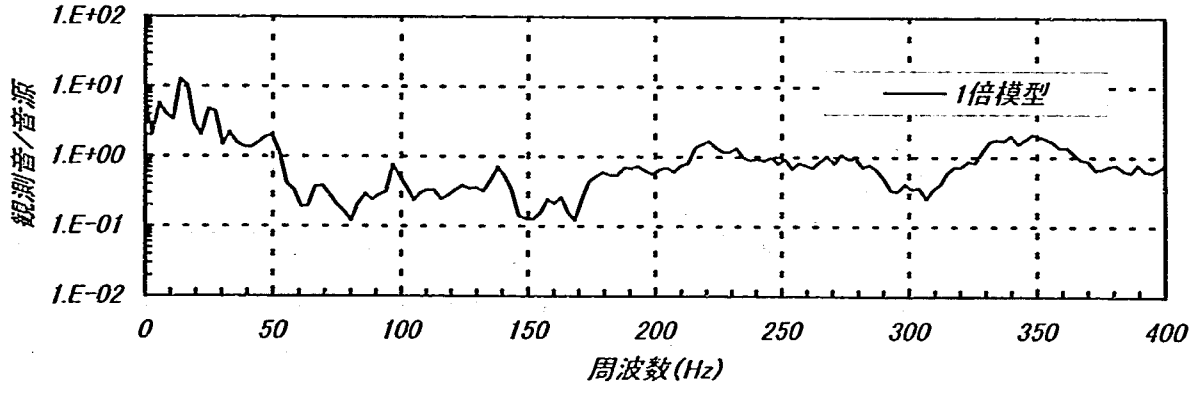


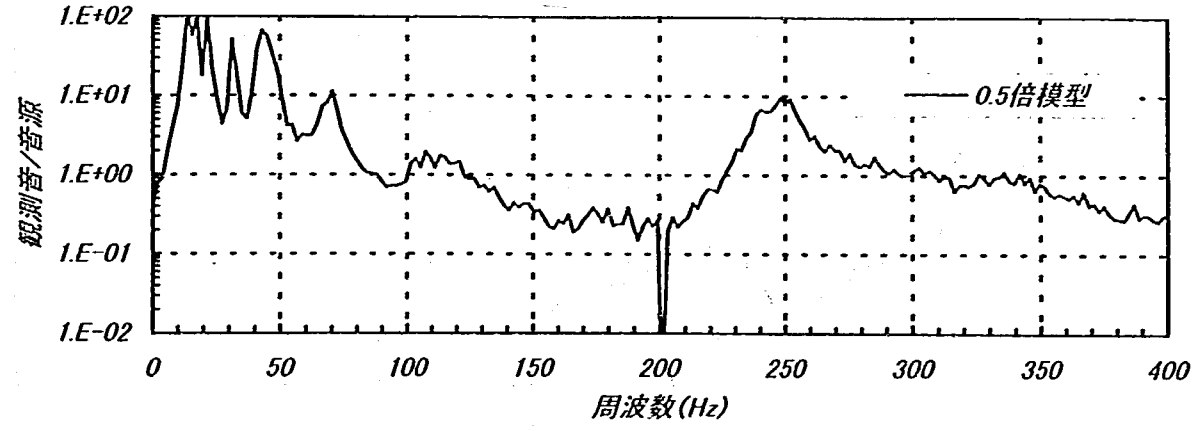


図－6.30　伝達関数のパワースペクトルの換算（音の相似則）

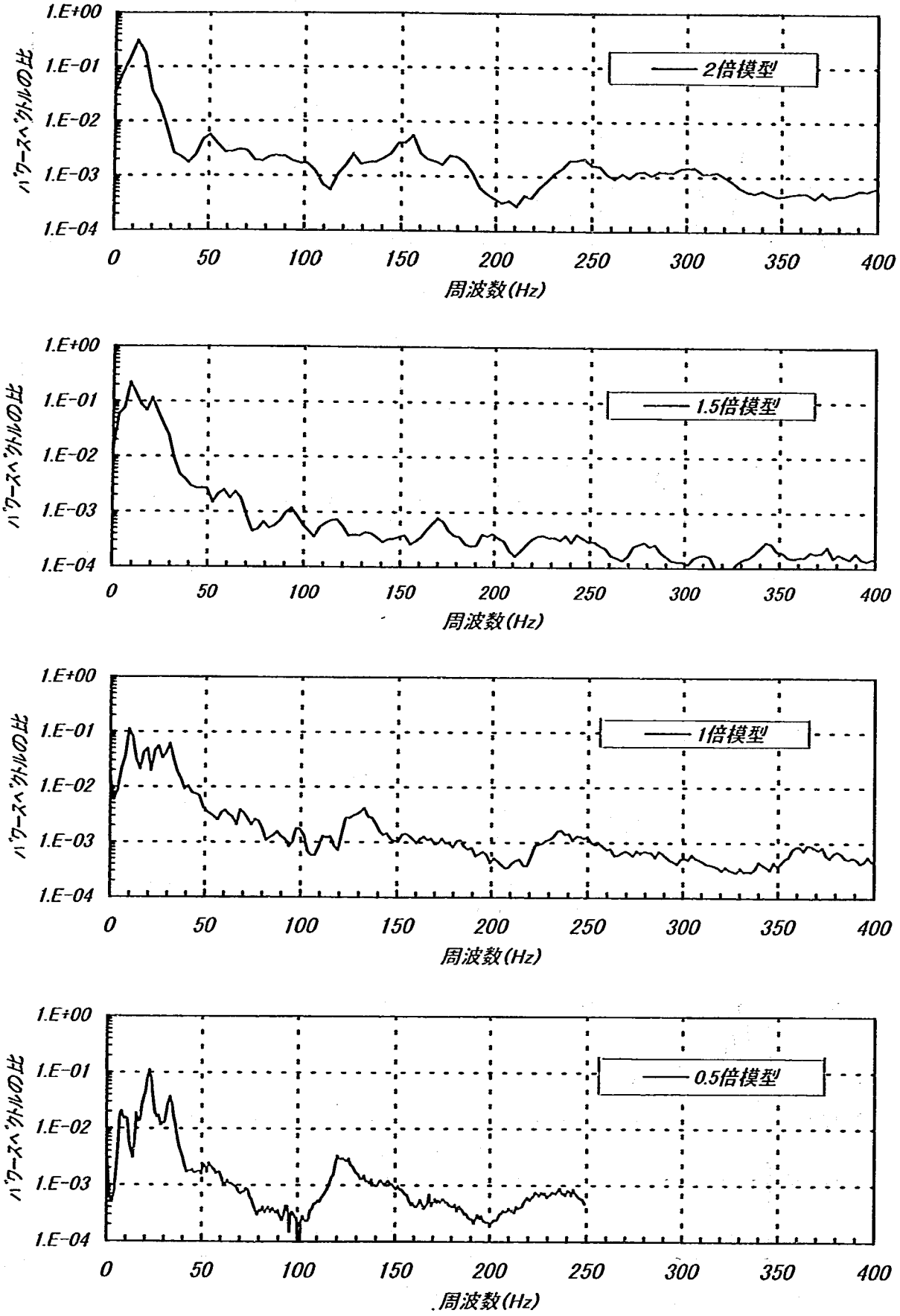








図－6.31　伝達関数のパワースペクトルの換算（フルード相似則）



図－6.32　観測音（副ダム直下）のパワースペクトルの比換算（音の相似則）

ニズムに立脚した理論的根拠に基づくものではない。例えば、6.3.2で述べたように跳水発生音に大きな影響を持つと考えられる空気の混入量にはフルード相似則に従わない縮尺効果がある等、音の発生要因全てが相似となっているわけではない。

本実験模型のうち最も大きい2倍模型は、現実の構造物の1/10程度とかなり大縮尺となっており、式(6-4)中の変換効率αとして実験から得られた値を用いても、実用上前述の影響は小さいものと考えられるが、ある程度安全を見込んで幅を持った推定は必要である。

6.8 まとめ

以上をまとめると以下のとおりである。

跳水発生音の音源については、

1) 跳水時の発生音は、跳水始端部からの発生音が支配的であり、音源は幅方向へ分布する線音源とみなせる。
2) 音源のパワースペクトルは、一定の模型形状・縮尺に対して、流況に依らない固有の形状を持つ。
3) 音源出力は流入エネルギーに比例し、その比例定数すなわち音のエネルギーへの変換効率は、流況および模型スケールに依らず、減勢工形状によってほぼ一定となる。

伝播特性については

3) 跳水始端部で発生した音は、トンネル内の空間部を伝播する際に共鳴を生じ、その卓越周波数は、空間部を気柱と見なした場合の共鳴周波数とほぼ一致する。
4) 伝達関数は、空間部の形状にのみ依存し、一定の模型形状・縮尺に対して固有の関数形を持つ。

相似則については

4) 音源および伝達関数の周波数特性は、音の相似則により模型値を原型値に換算することできる。ただし、音源は、支配要因の異なる複数の音源の和である可能性が高く、幅を持たせた取り扱いが必要である。
5) 音源出力はほぼ流入エネルギーに比例するので、フルード相似則によって流入エネルギーを見積もることによって、実機の値を求めることができる。

参考文献

1) 森靖夫,水上雅人,武士俣健:剛球または水滴の水面への落下および水流により発生する音の研究,機械学会論文集(B編),第53巻,487号,pp.903-909,1987
2) Minnarert,M.:Philos.Mag.,16,pp.235-248,1933

3) 例えば、谷一郎編：流体力学の進歩,丸善,pp.221-262,1980
4) 泉完:跳水型落差工の斜面上における減勢音特性,農業土木学会誌,第63巻,第5号,pp.507-512,1988
5) 例えば、五十嵐寿一編:音響と振動,共立出版,pp.88-90,1968
6) Stewart,G.W.: Acoustic Wave Filters ,Physical Review, Vol. XX, No.6, pp.528-551,1922

あとがき

平成６～１０年度の天ヶ瀬ダムトンネル式放流設備の水理設計、水理模型実験結果について報告し、最終案形状を示した。また、併せて減勢工内において発生する騒音について調査した。

本水理模型実験の担当者は次の通りである。

柏井 条介（平成６年度～平成１０年度、水工水資源研究室長）

安達 孝実（平成６年度～平成９年度、当時：研究員）

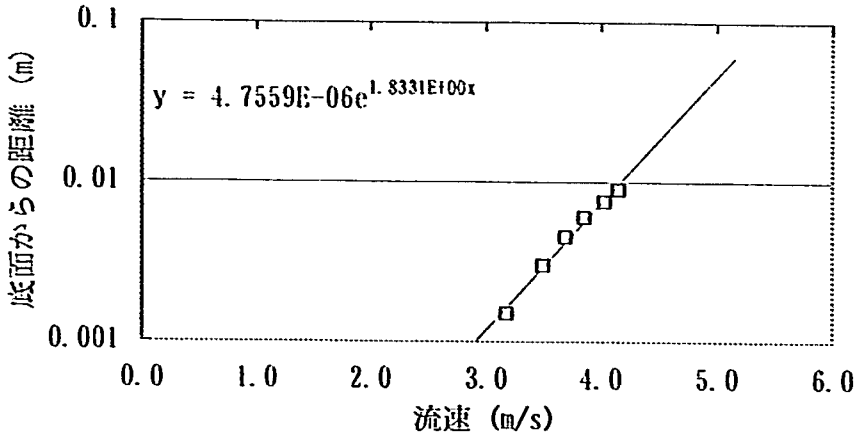
桜井　力（平成９年度～平成１０年度、主任研究員）

櫻井 寿之（平成９年度～平成１０年度、研究員）

本報告書の執筆は１～５章については櫻井寿之、６章については桜井力が担当した。

最後に、本水理模型実験を進めるにあたって、近畿地方建設局琵琶湖工事事務所をはじめとする多くの方々の御指導並びに御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。

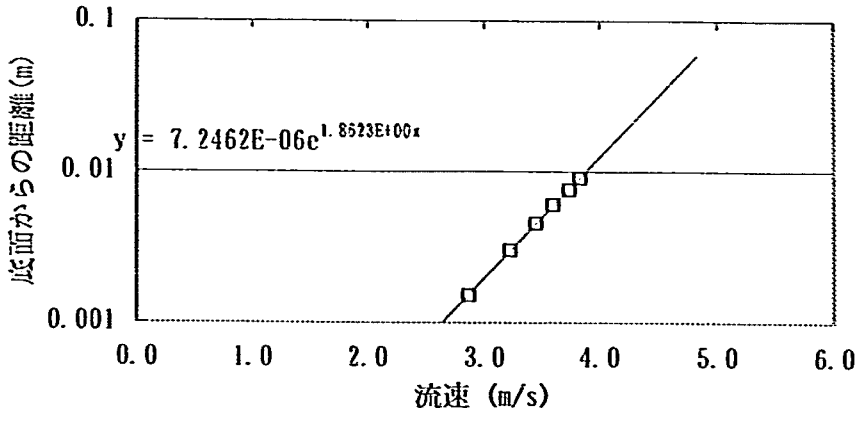
付　　図



No.1-1
h1=1.5 (cm)
Z=1.5 (m)
Q=9.7(L/s)

流入水深　1.29 (cm)
v'　3.76 (m/s)
Fr'　10.574

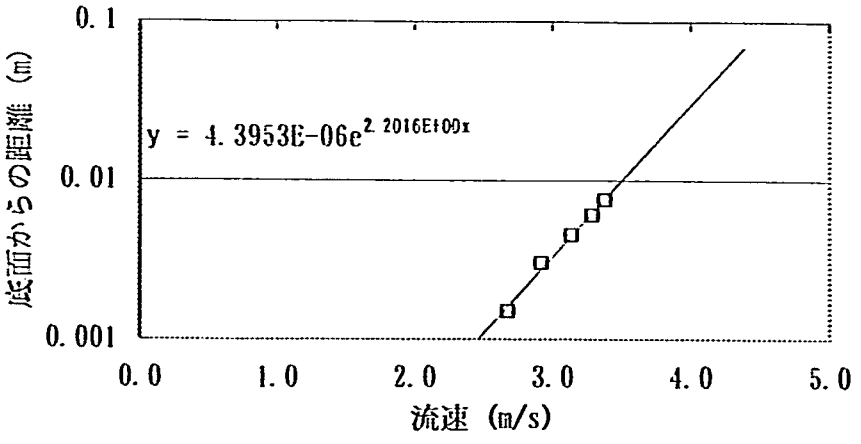
(a) h1=1.5cm, Z=1.0m



No.1-2
h1=1.5 (cm)
Z=1.25 (m)
Q=8.1(L/s)

流入水深　1.15 (cm)
v'　3.52 (m/s)
Fr'　10.490

(b) h1=1.5cm, Z=1.25m

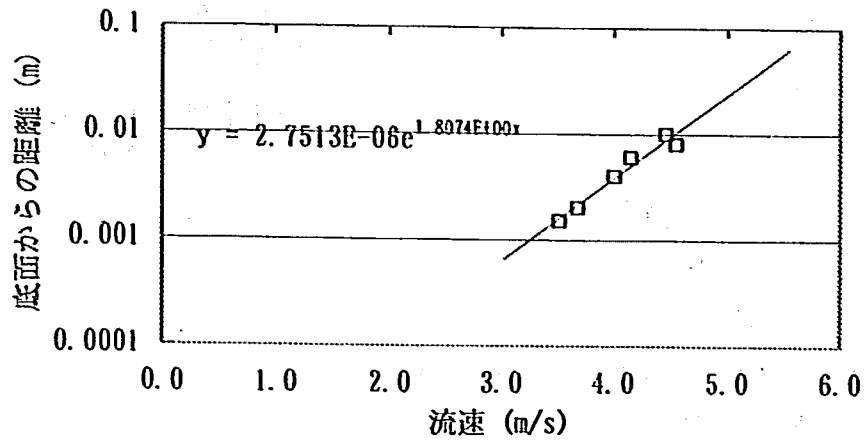


No.1-3
h1=1.5 (cm)
Z=1.0 (m)
Q=6.3(L/s)

流入水深　1.03 (cm)
v'　3.06 (m/s)
Fr　9.626

(c) h1=1.5cm, Z=1.0m

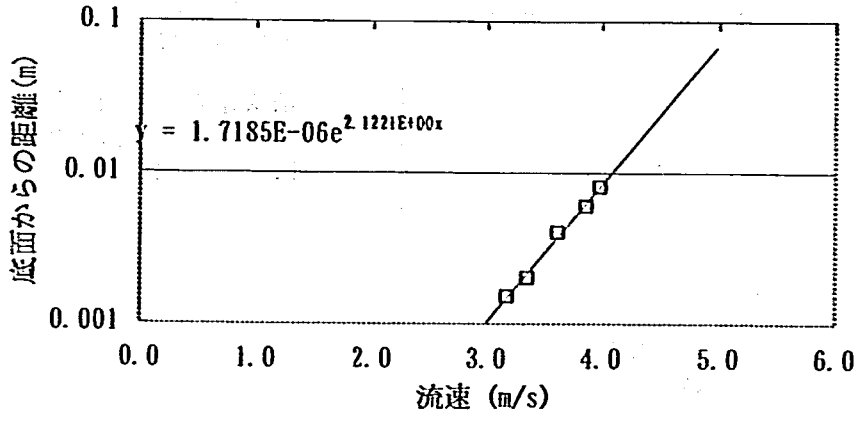
付図－6.1　流入水脈の流速分布（1/2模型、h1=1.5cm）



No.1-4
h1=2(cm)
Z= 1.5(m)
Q=13.3(L/s)

流入水深　1.57 (cm)
v'　4.24 (m/s)
Fr'　10.798

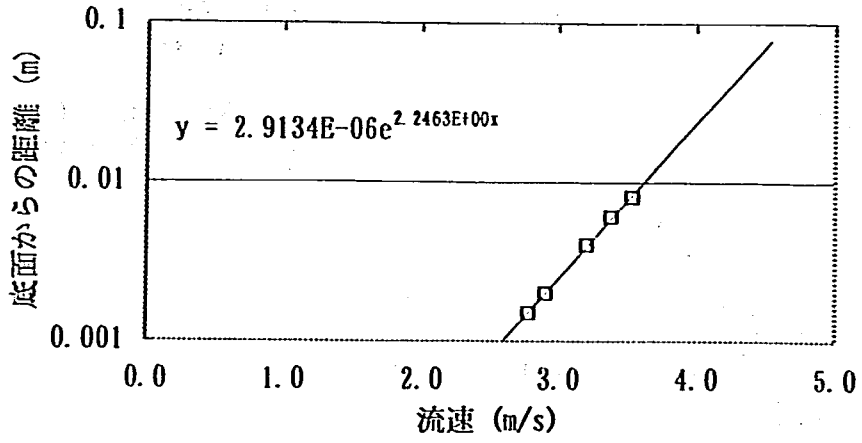
(a) h1=2cm, Z=1.5m



No.1-5
h1=2(cm)
Z= 1.25(m)
Q=11.2(L/s)

流入水深　1.48 (cm)
v'　3.78 (m/s)
Fr'　9.935

(b) h1=2cm, Z=1.25m

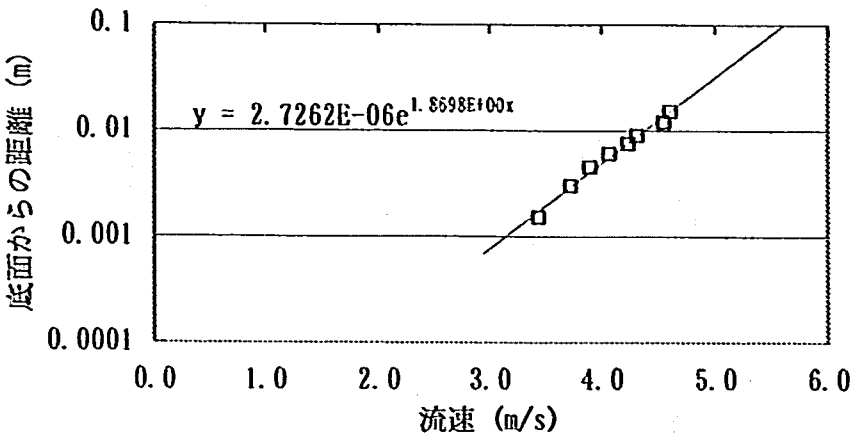


No.1-6
h1=2(cm)
Z=1.0 (m)
Q=8.5(L/s)

流入水深　1.30 (cm)
v'　3.27 (m/s)
Fr　9.159

(c) h1=2cm, Z=1.0m

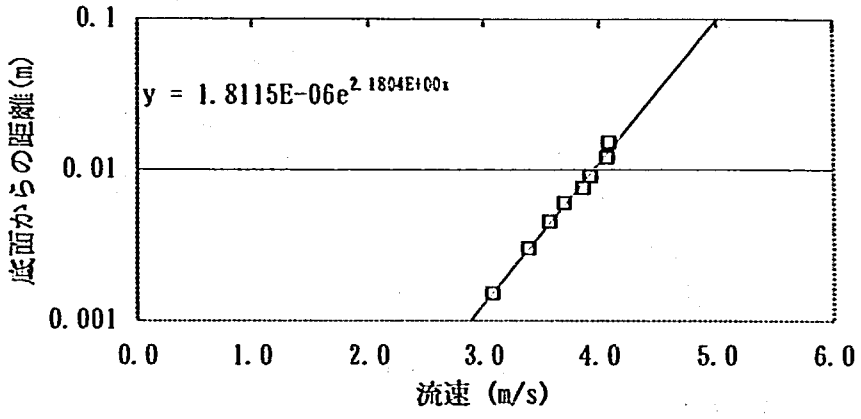
付図－6.2　流入水脈の流速分布（1/2模型、h1＝2cm）



No.1-7
h1=3 (cm)
Z=1.5 (m)
Q=20.1(L/s)

流入水深 2.33 (cm)
v' 4.30 (m/s)
Fr' 9.004

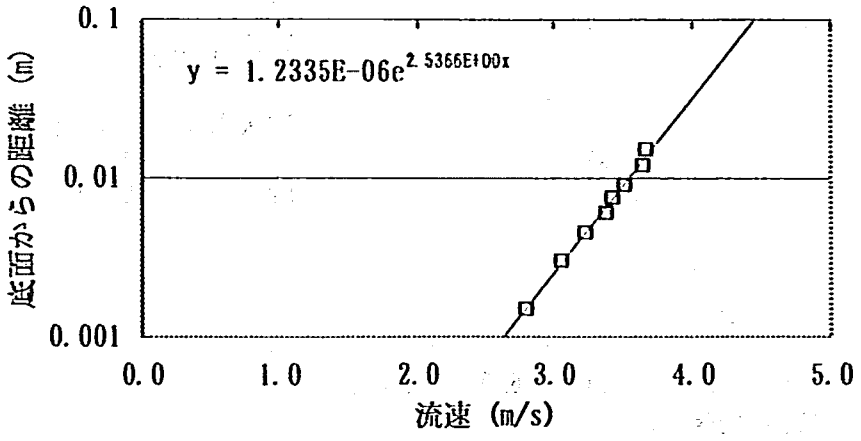
(a) h1=3cm, Z=1.5m



No.1-8
h1=3 (cm)
Z=1.25 (m)
Q=16.5(L/s)

流入水深 2.14 (cm)
v' 3.84 (m/s)
Fr' 8.393

(b) h1=3cm, Z=1.25m

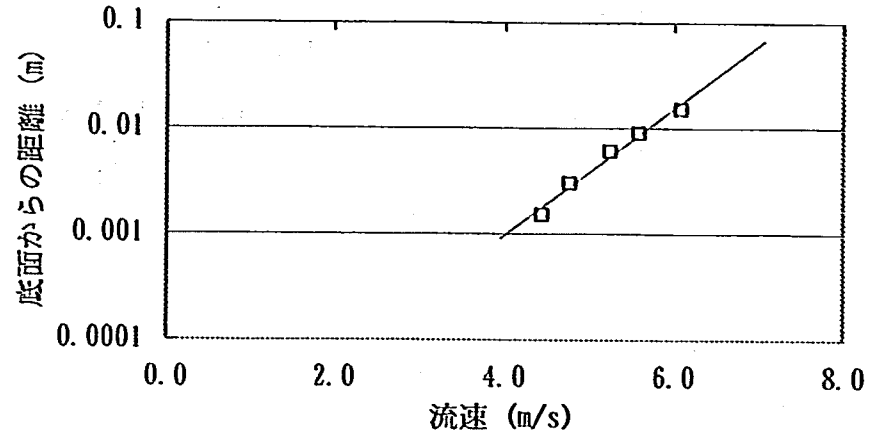


No.1-9
h1=3 (cm)
Z=1.0(m)
Q=12.7(L/s)

流入水深 1.87 (cm)
v' 3.40 (m/s)
Fr 7.93

(c) h1=3cm, Z=1.0m

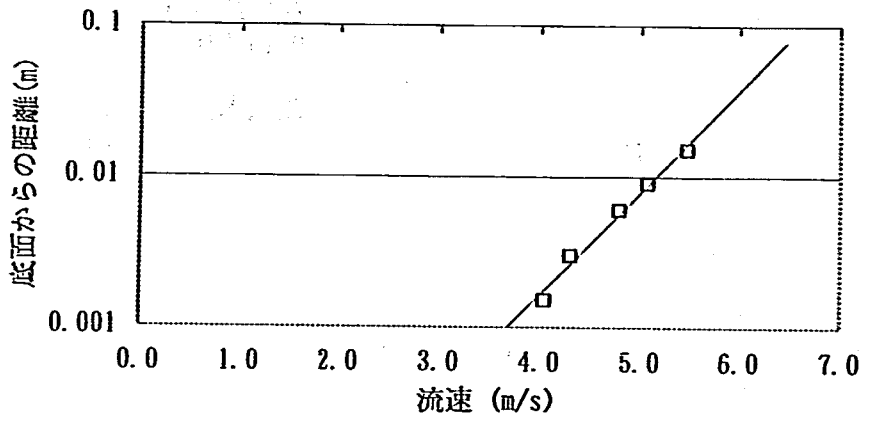
付図−6.3 流入水脈の流速分布（1/2模型、h1＝3cm）



No.2-1
h1=3（cm）
Z=3（m）
Q=26.9（L/s）

流入水深　2.44（cm）
v'　5.50（m/s）
Fr'　11.25

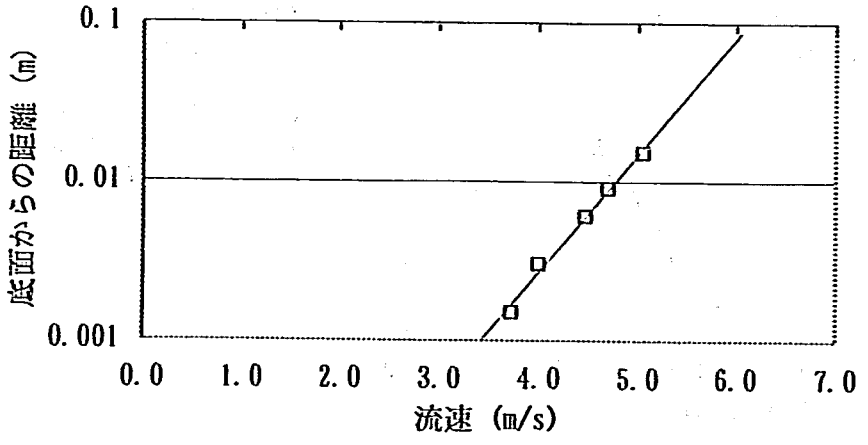
(a) h1=3cm, Z=3m



No.2-2
h1=3（cm）
Z=2.5（m）
Q=22.9（L/s）

流入水深　2.31（cm）
v'　4.95（m/s）
Fr'　10.40

(b) h1=3cm, Z=2.5m

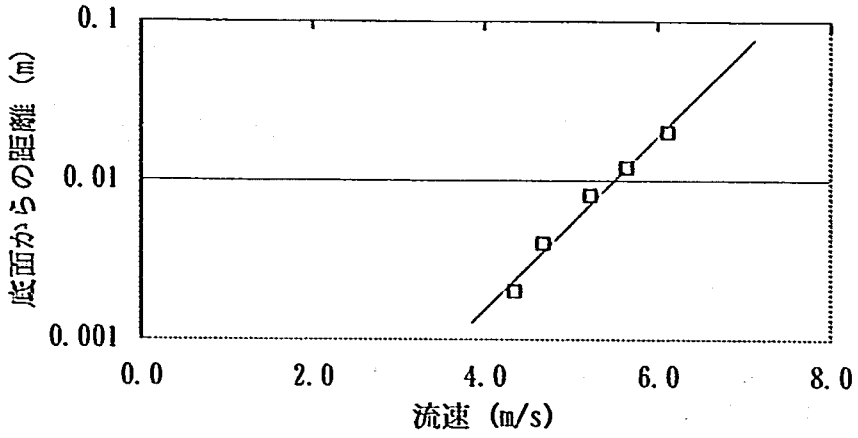


No.2-3
h1=3（cm）
Z=2.0（m）
Q=18.1（L/s）

流入水深　2.00（cm）
v'　4.51（m/s）
Fr　10.19

(c) h1=3cm, Z=2m

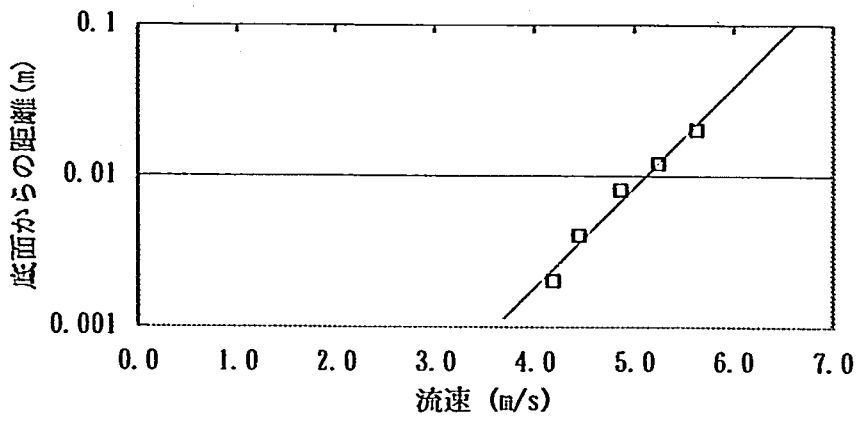
付図－6.4　流入水脈の流速分布（1/1模型、h1＝3cm）



No.2-4
h1=4（cm）
Z=3（m）
Q=38.6（L/s）

流入水深　3.442（cm）
v'　5.61（m/s）
Fr'　9.654

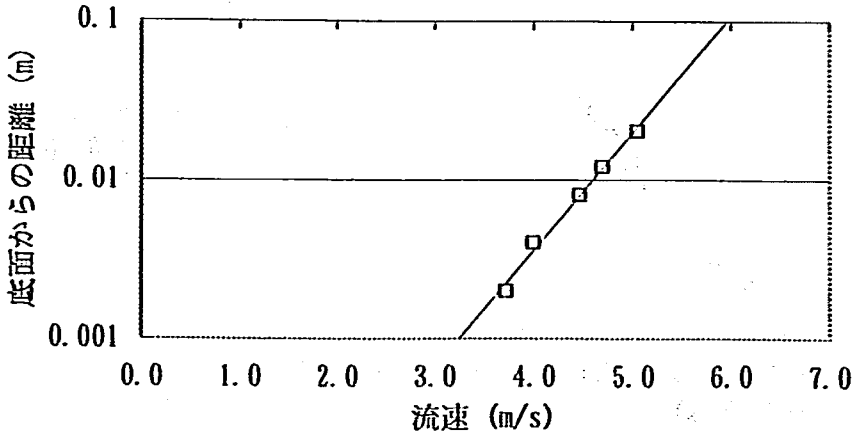
(a) h1=4cm, Z=3m



No.2-5
h1=4（cm）
Z=2.5（m）
Q=31.0（L/s）

流入水深　3.034（cm）
v'　5.10（m/s）
Fr'　9.354

(b) h1=4cm, Z=2.5m

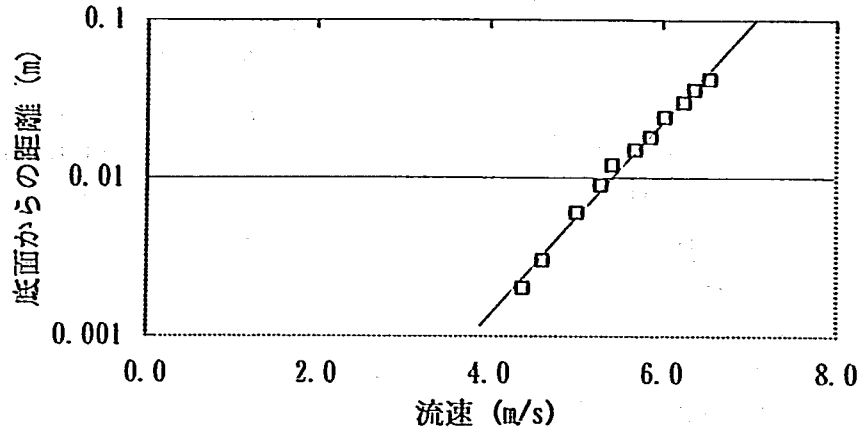


No.2-6
h1=4（cm）
Z=2.0（m）
Q=22.6(L/s)

流入水深　2.53（cm）
v'　4.47（m/s）
Fr　8.99

(c) h1=4cm, Z=2m

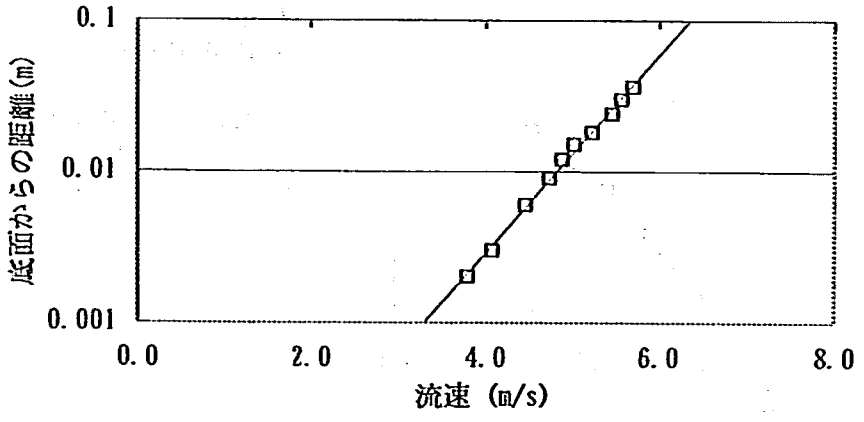
付図−6.5　流入水脈の流速分布（1/1模型、h1＝4 cm）



No.2-7
h1=6 (cm)
Z=3 (m)
Q=55.0 (L/s)

流入水深 4.76 (cm)
v' 5.78 (m/s)
Fr' 8.459

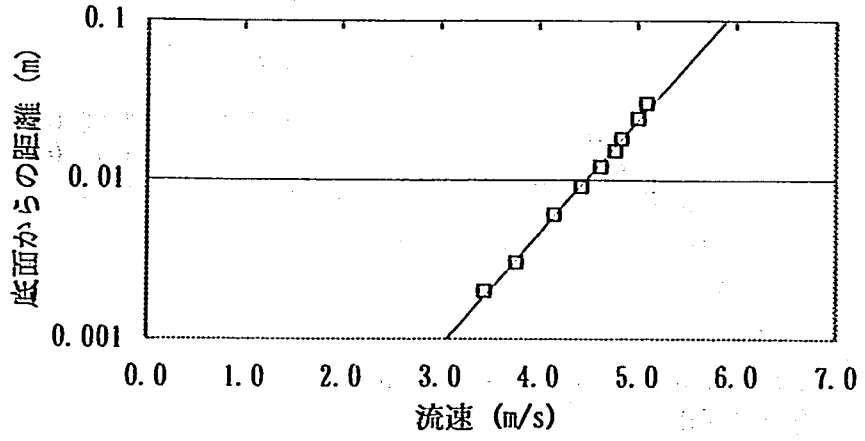
(a) h1=6cm, Z=3m



No.2-8
h1=6 (cm)
Z=2.5 (m)
Q=44.8 (L/s)

流入水深 4.39 (cm)
v' 5.10 (m/s)
Fr' 7.771

(b) h1=6cm, Z=2.5m

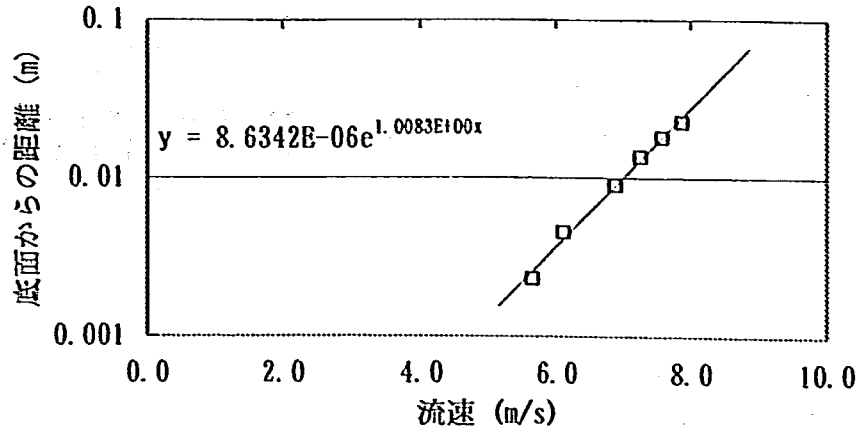


No.2-9
h1=6 (cm)
Z=2.0 (m)
Q=33.7 (L/s)

流入水深 3.65 (cm)
v' 4.61 (m/s)
Fr 7.71

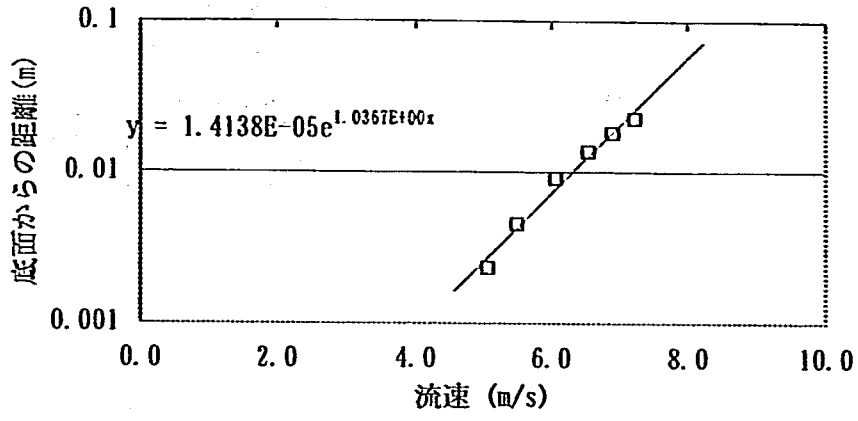
(c) h1=6cm, Z=2m

付図−6.6 流入水脈の流速分布（1/1模型、h1=6cm）



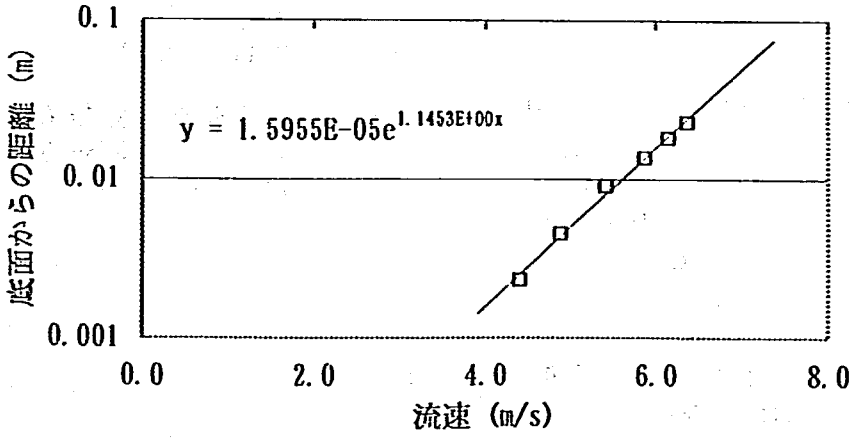
No.3-1
h1=4.5(cm)
Z=4.5 (m)
Q=49.0(L/s)
G=4.2cm
流入水深　3.39 (cm)
v'　7.23 (m/s)
Fr'　12.539

(a) h1=4.5cm, Z=4.5m



No.3-2
h1=4.5 (cm)
Z=3.75 (m)
Q=41.4 (L/s)
G=4.1cm
流入水深　3.22 (cm)
v'　6.43 (m/s)
Fr'　11.444

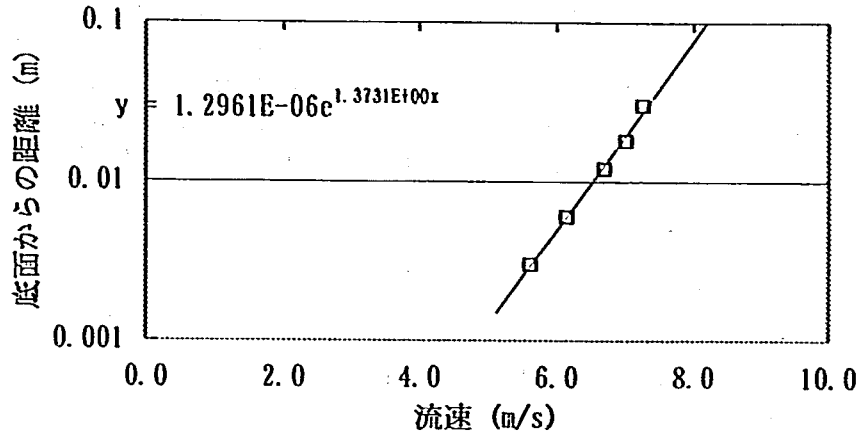
(b) h1=4.5cm, Z=3.75m



No.3-3
h1=4.5 (cm)
Z=3.0 (m)
Q=31.9 (L/s)
G=3.9cm
流入水深　2.86 (cm)
v'　5.57 (m/s)
Fr　10.52

(c) h1=4.5cm, Z=3m

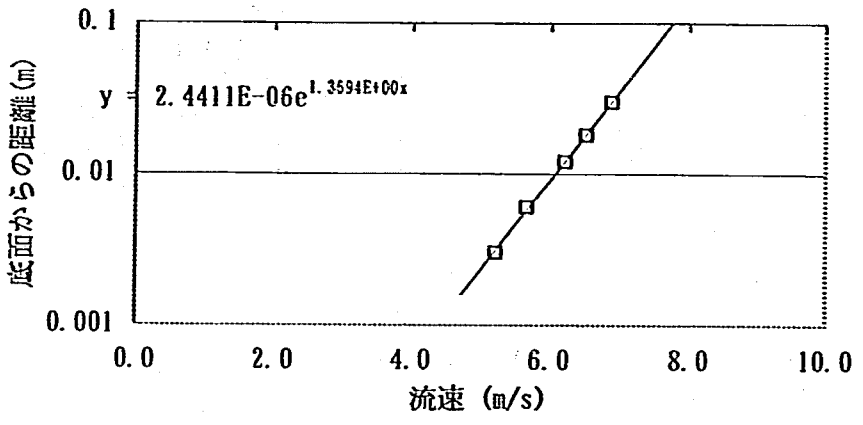
付図－6.7　流入水脈の流速分布（3/2模型、h1=4.5cm）



No.3-4
h1=6 (cm)
Z=4.5 (m)
Q=68.8 (L/s)

流入水深 4.894 (cm)
v' 7.03 (m/s)
Fr' 10.150

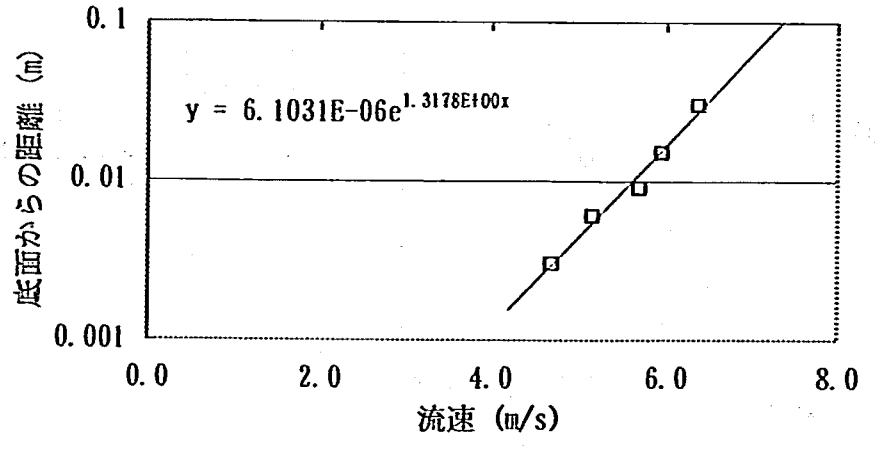
(a) h1=6cm, Z=3m



No.3-5
h1=6 (cm)
Z=3.75 (m)
Q=56.0 (L/s)

流入水深 4.364 (cm)
v' 6.42 (m/s)
Fr' 9.811

(b) h1=6cm, Z=2.5m

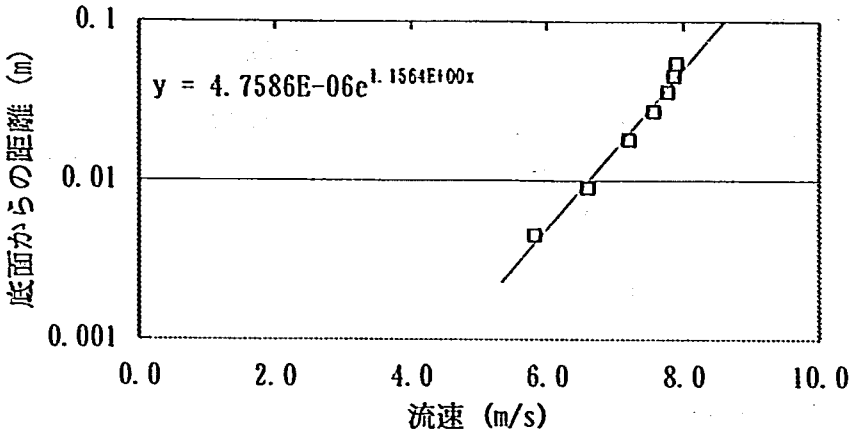


No.3-6
h1=6 (cm)
Z=3.0 (m)
Q=44.4 (L/s)

流入水深 3.79 (cm)
v' 5.86 (m/s)
Fr 9.616

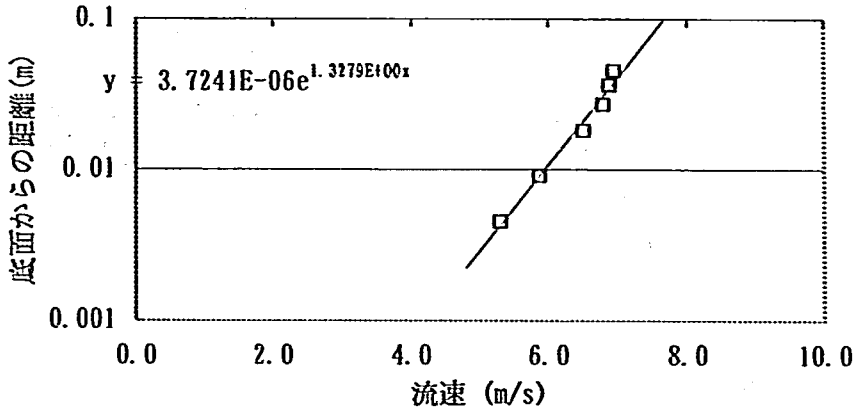
(c) h1=6cm, Z=2m

付図－6.8 流入水脈の流速分布（3/2模型、h1＝6 cm）



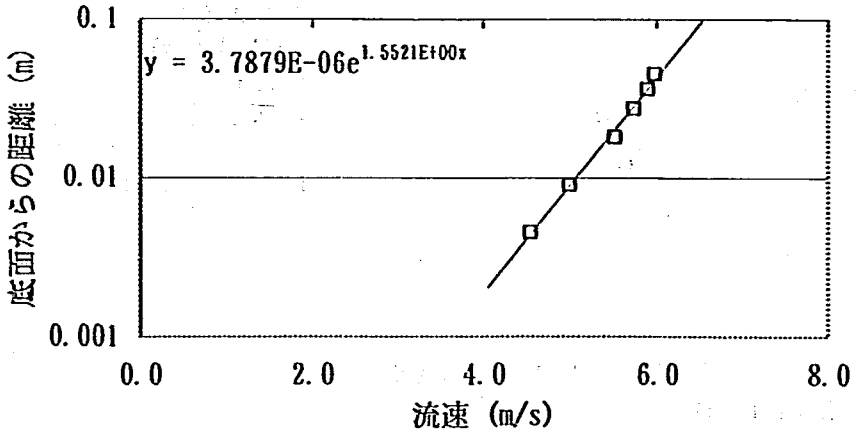
No.3-7
h1=9 (cm)
Z=4.5 (m)
Q=99.4 (L/s)
G=8.6cm
流入水深 6.837 (cm)
v' 7.27 (m/s)
Fr' 8.876

(a) h1=9cm, Z=4.5m



No.3-8
h1=9 (cm)
Z=3.75 (m)
Q=81.1(L/s)
G=8.3cm
流入水深 6.297 (cm)
v' 6.44 (m/s)
Fr' 8.197

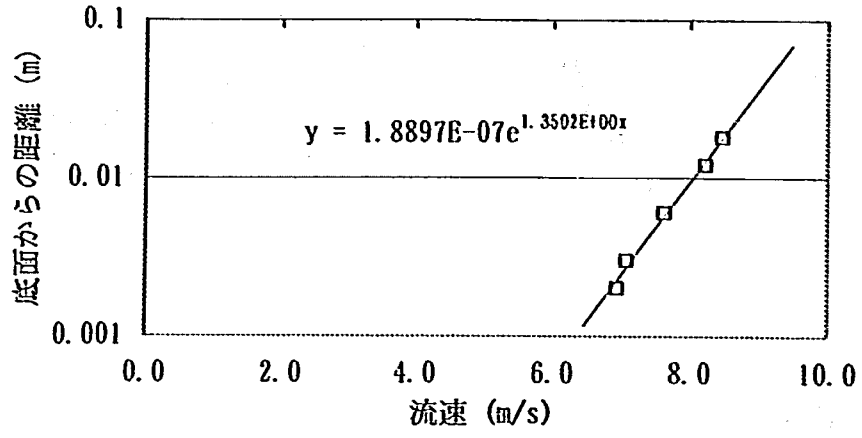
(b) h1=9cm, Z=3.75m



No.3-9
h1=9 (cm)
Z=3.0 (m)
Q=61.0(L/s)
G=7.9cm
流入水深 5.63 (cm)
v' 5.42 (m/s)
Fr 7.30

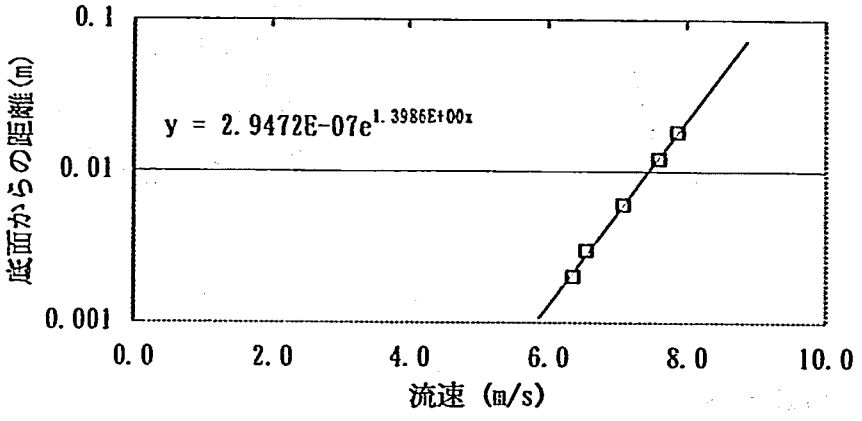
(c) h1=9cm, Z=3m

付図−6.9 流入水脈の流速分布（3/2模型、h1＝9 cm）



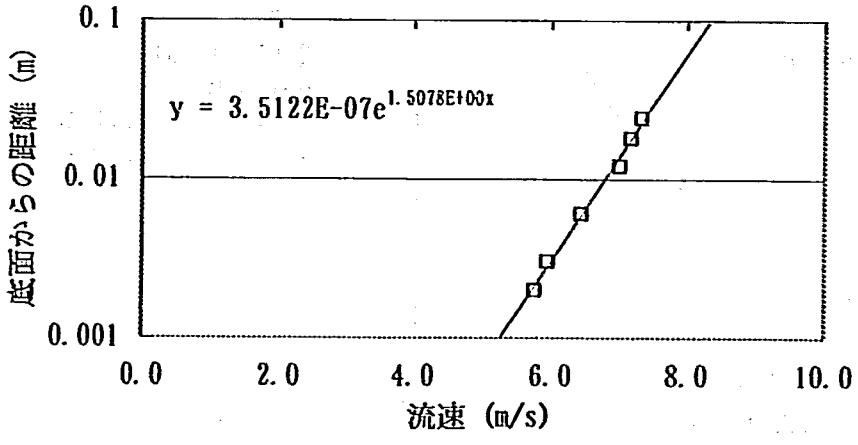
No.4-1
h1=6（cm）
Z=6.0（m）
Q=79.1(L/s)
G=5.7（cm）
流入水深　4.68（cm）
v'　8.45（m/s）
Fr'　12.479

(a) h1=6cm, Z=6.0m



No.4-2
h1=6（cm）
Z=5.0（m）
Q=66.3(L/s)
G=5.5（cm）
流入水深　4.2（cm）
v'　7.89（m/s）
Fr'　12.293

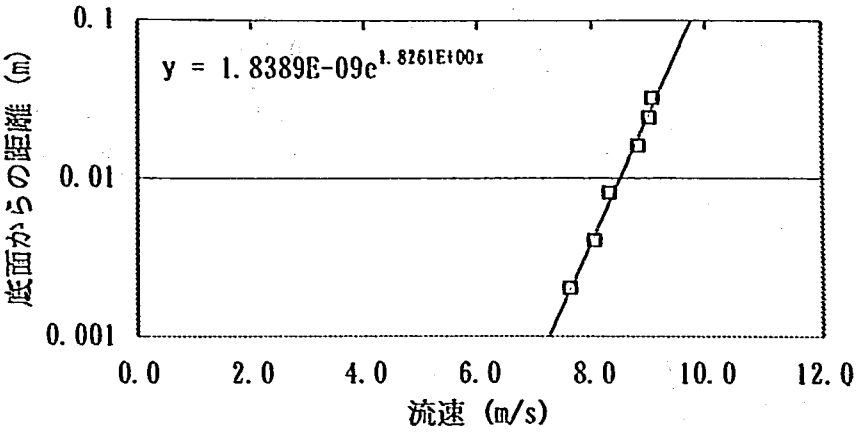
(b) h1=6cm, Z=5.0m



No.4-3
h1=6（cm）
Z=4.0（m）
Q=51.6(L/s)
G=5.1(cm)
流入水深　3.68（cm）
v'　7.00（m/s）
Fr　11.663

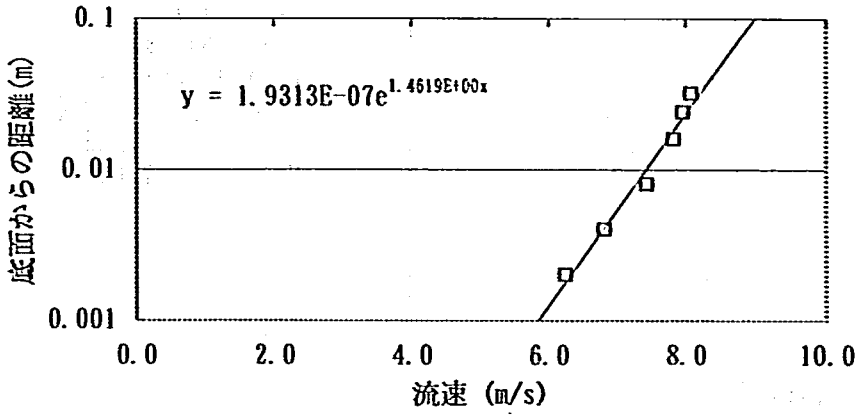
(c) h1=6cm, Z=4.0m

付図－6.10　流入水脈の流速分布（1/2模型、h1＝6cm）



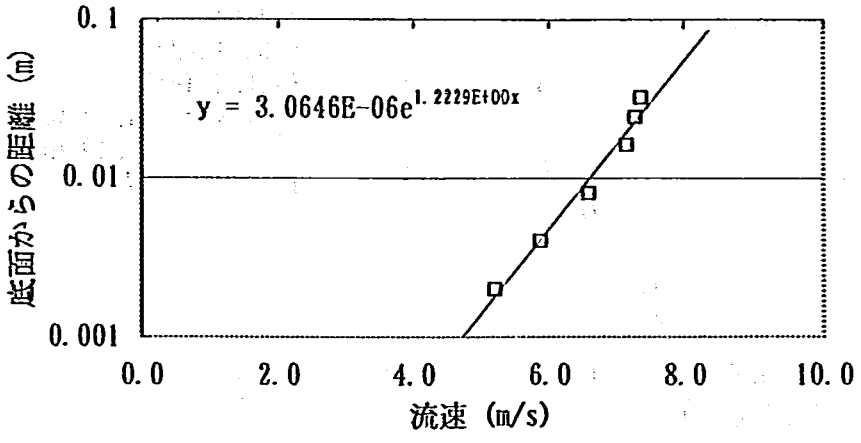
No.4-4
h1=8(cm)
Z= 6.0(m)
Q=107.2(L/s)
G=8.0cm
流入水深 6 (cm)
v' 8.93 (m/s)
Fr' 11.645

(a) h1=8cm, Z=6m



No.4-5
h1=8(cm)
Z= 5.0(m)
Q=89.0(L/s)
G=7.6cm
流入水深 5.58 (cm)
v' 7.97 (m/s)
Fr' 10.784

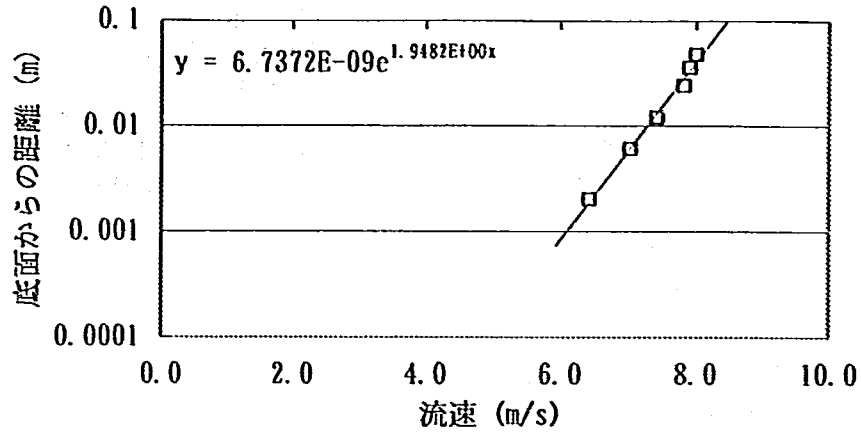
(b) h1=8cm, Z=5m



No.4-6
h1=8 (cm)
Z=4.0 (m)
Q=68.0(L/s)
G=7.1 (cm)
流入水深 4.85 (cm)
v' 7.01 (m/s)
Fr 10.161

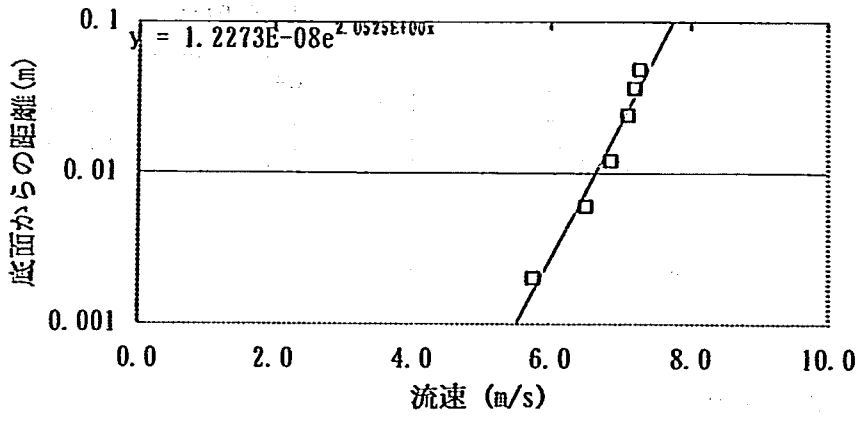
(c) h1=8cm, Z=4m

付図−6.11 流入水脈の流速分布（2/1模型、h1＝8cm）



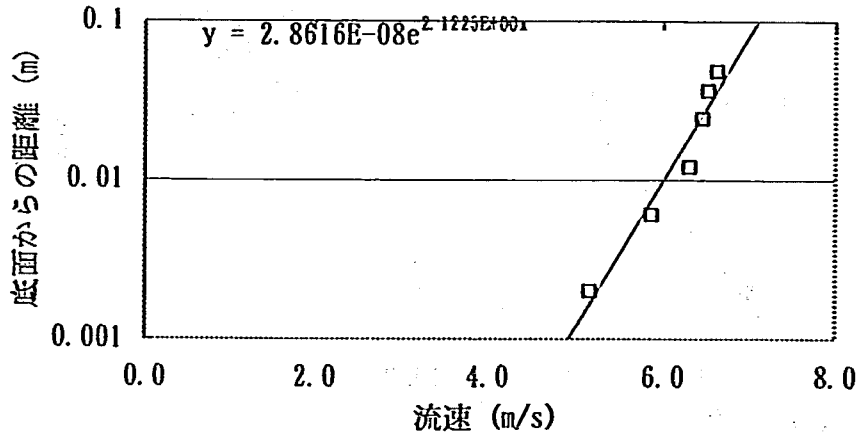
No.4-7
h1=12（cm）
Z=6.0（m）
Q=155.1(L/s)
G=11.7（cm）
流入水深　9.76（cm）
v'　7.95（m/s）
Fr'　8.124

(a) h1=12cm, Z=6.0m



No.4-8
h1=12（cm）
Z=5.0（m）
Q=131.3(L/s)
G=11.4（cm）
流入水深　9.09（cm）
v'　7.22（m/s）
Fr'　7.652

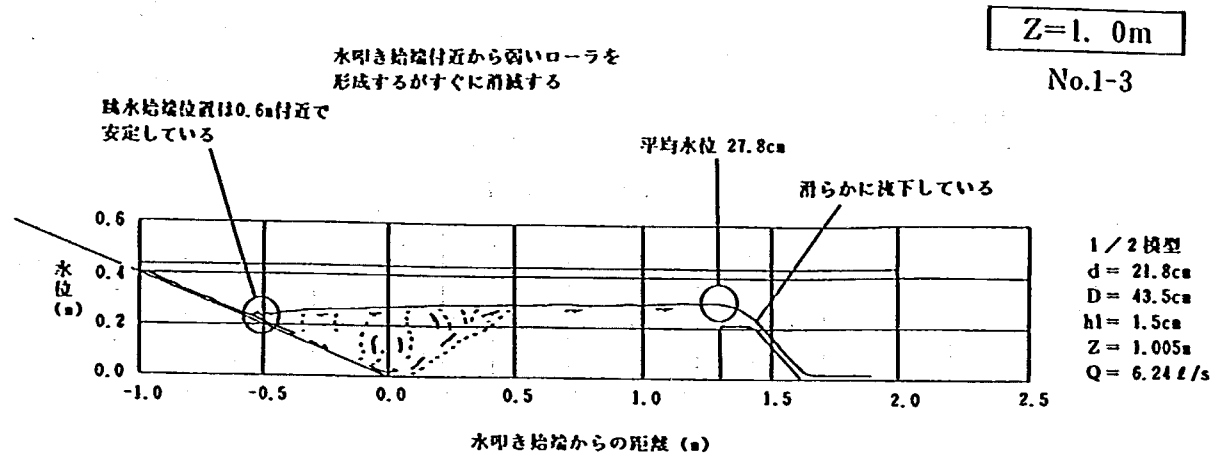
(b) h1=12cm, Z=5.0m

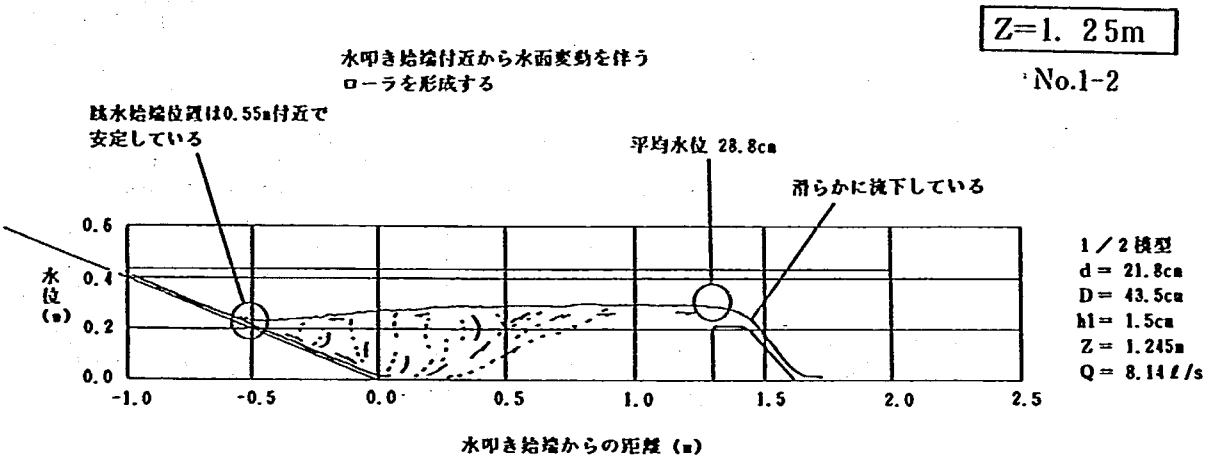


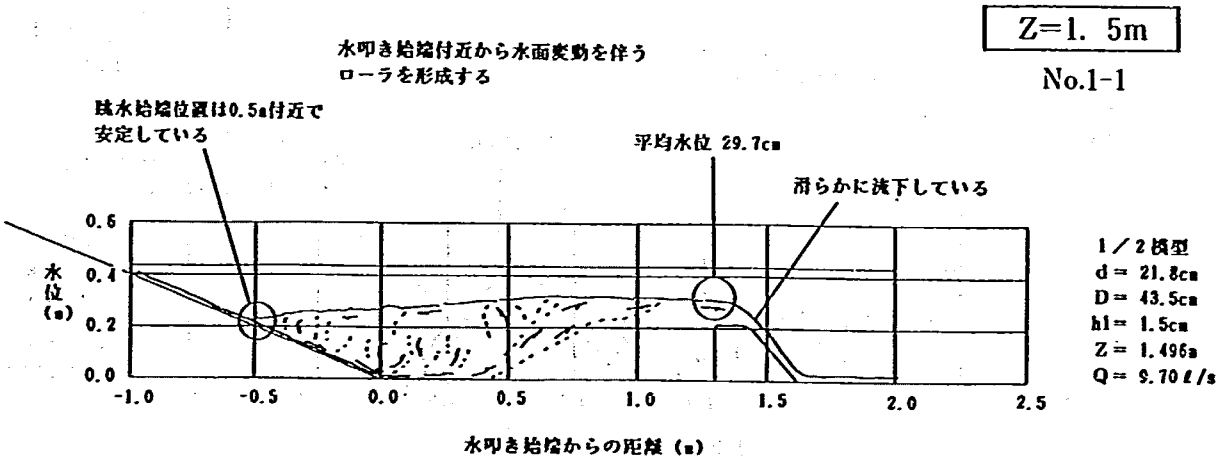
No.4-9
h1=12（cm）
Z=4.0(m)
Q=97.1(L/s)
G=10.4（cm）
流入水深　7.48（cm）
v'　6.49（m/s）
Fr　7.58

(c) h1=12cm, Z=4.0m

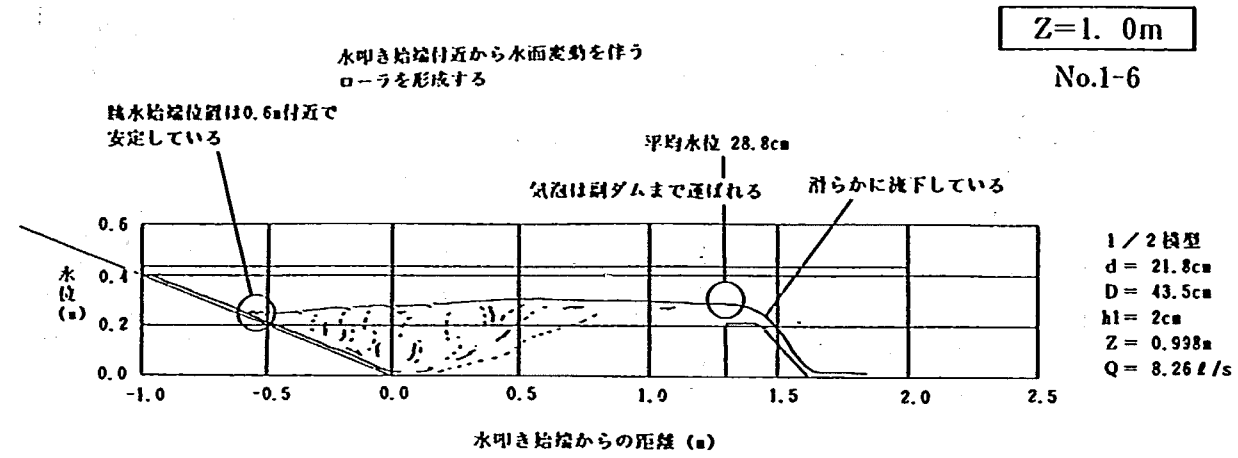
付図－6.12　流入水脈の流速分布（2/1模型、h1＝12cm）

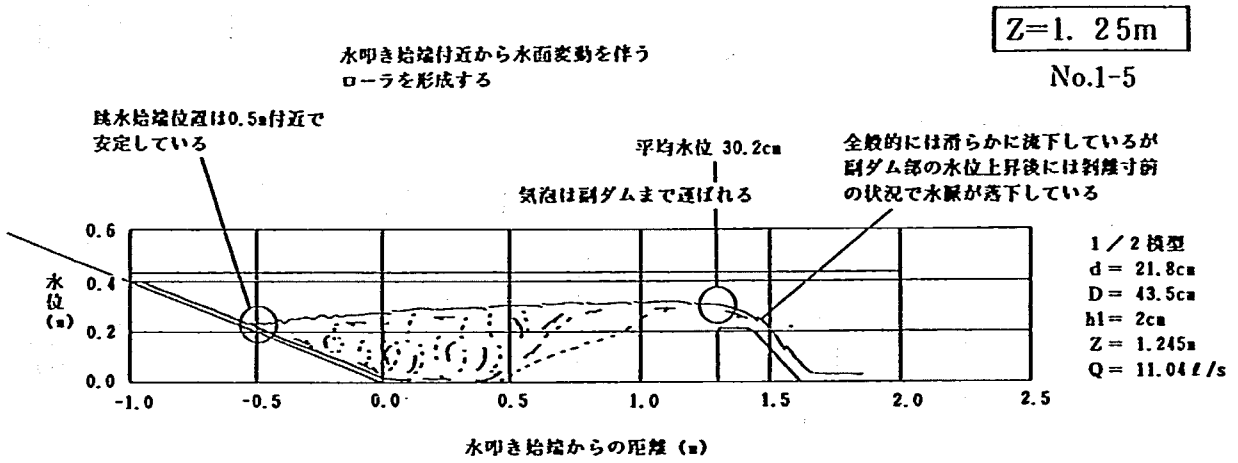


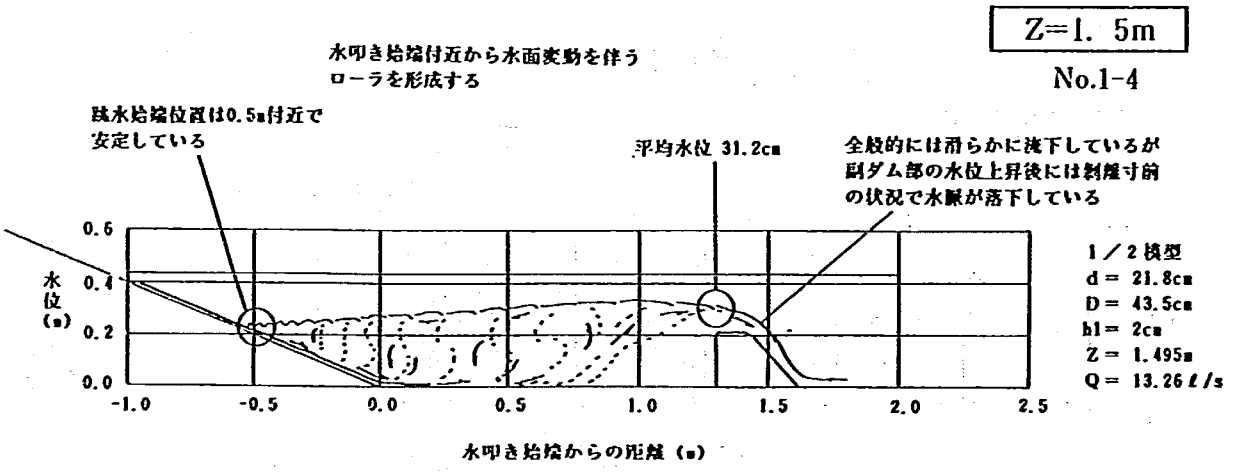




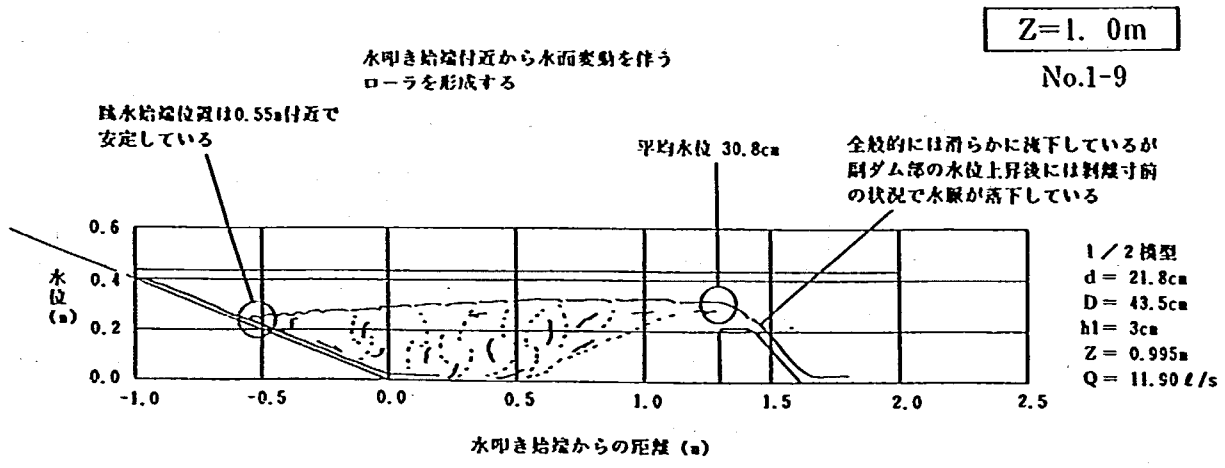
付図−6.13　1/2模型副ダム原形状の流況図（D＝43.5cm、h1＝1.5cm）

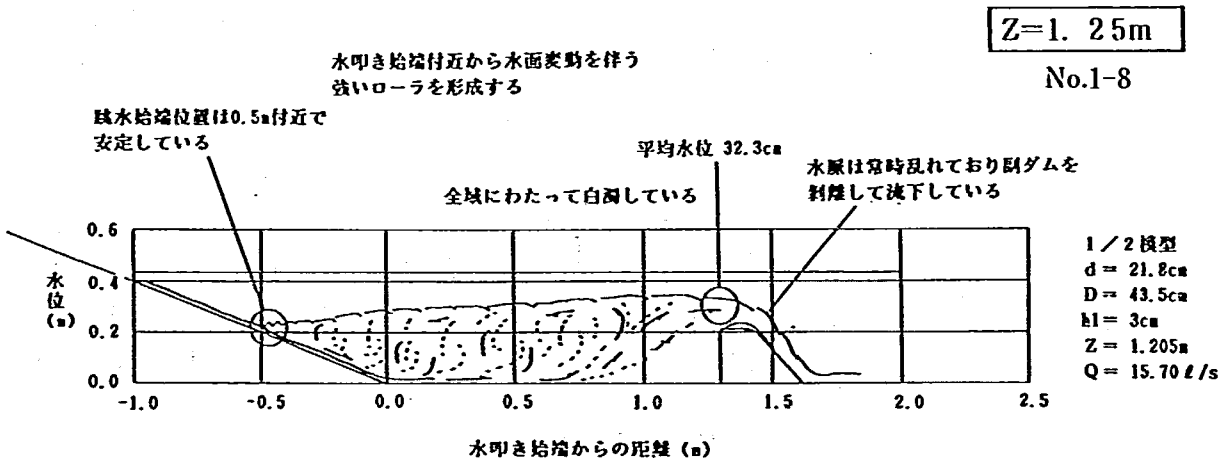


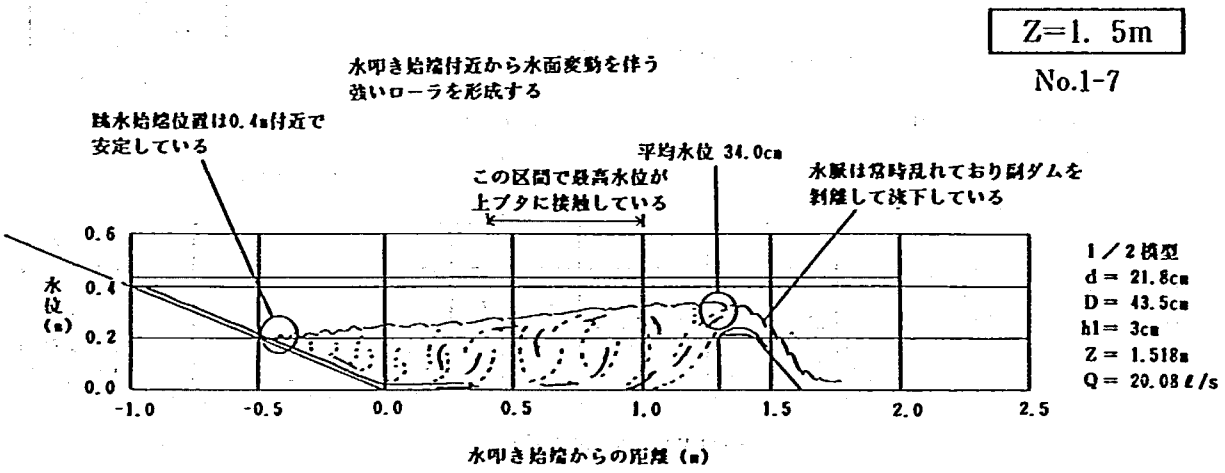




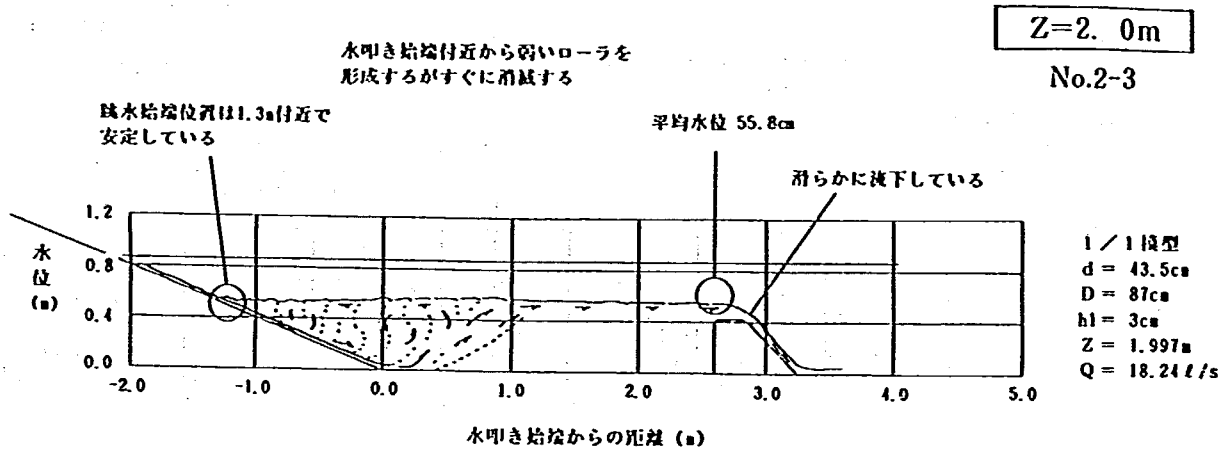
付図－6.14　1/2模型副ダム原形状の流況図（D＝43.5cm、h1＝2cm）

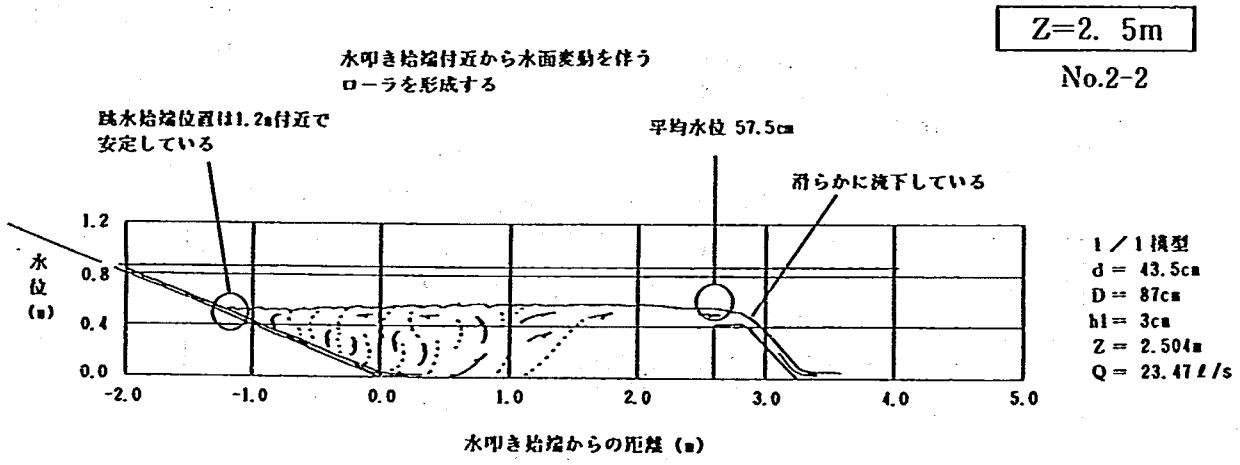


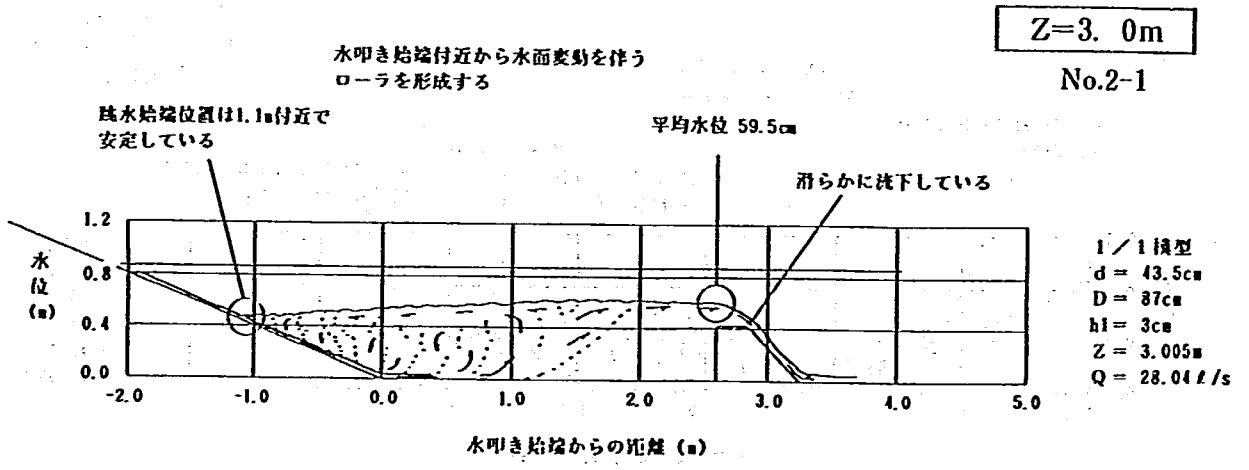




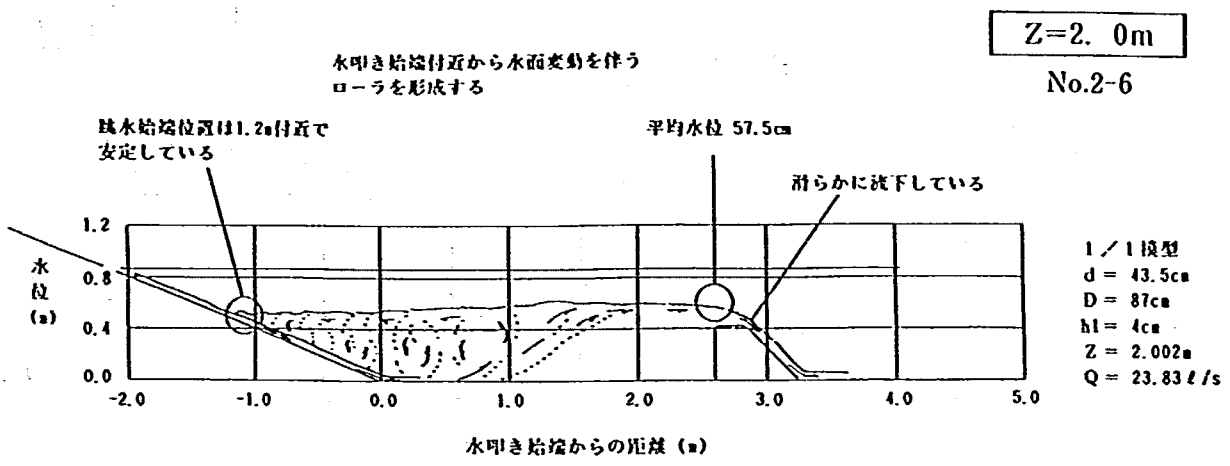
付図－6.15　1／2模型副ダム原形状の流況図（D＝43.5cm、h1＝3 cm）

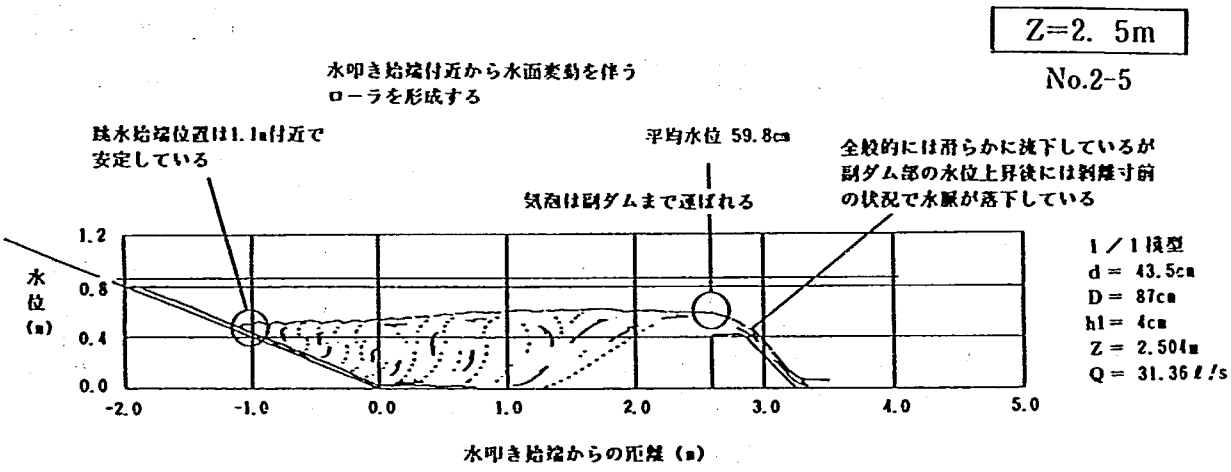


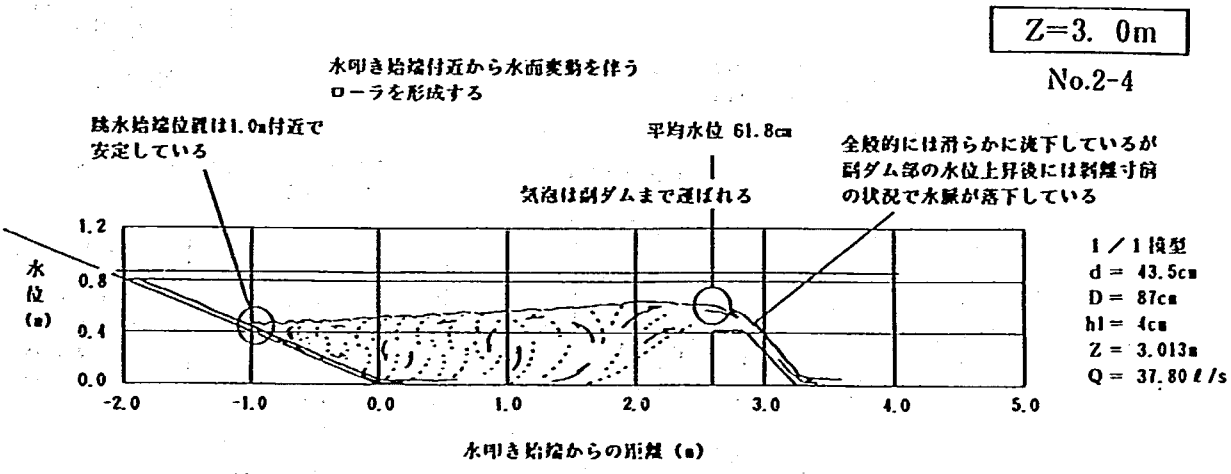




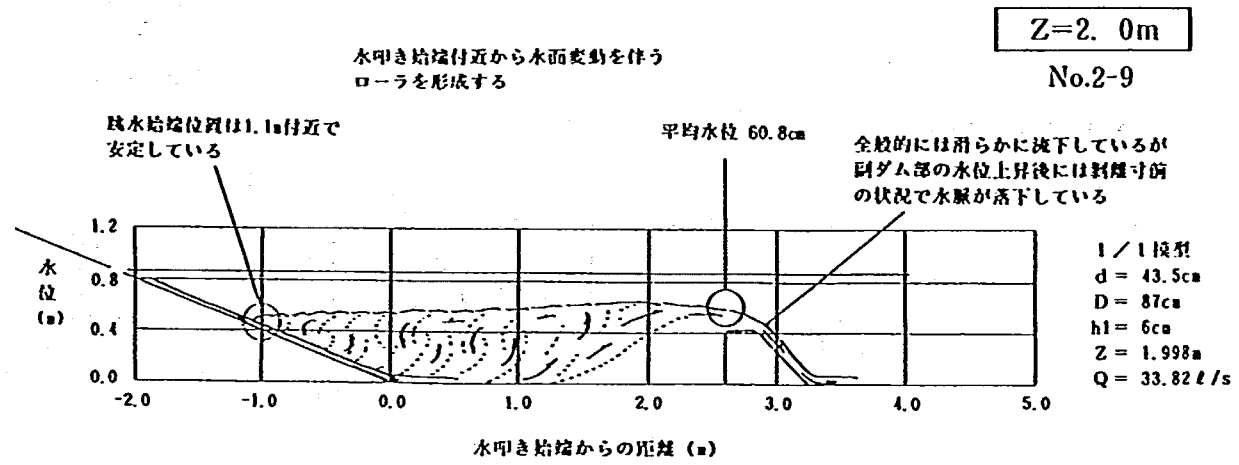
付図－6.16　1／1模型副ダム原形状の流況図（D＝87cm、h1＝3cm）

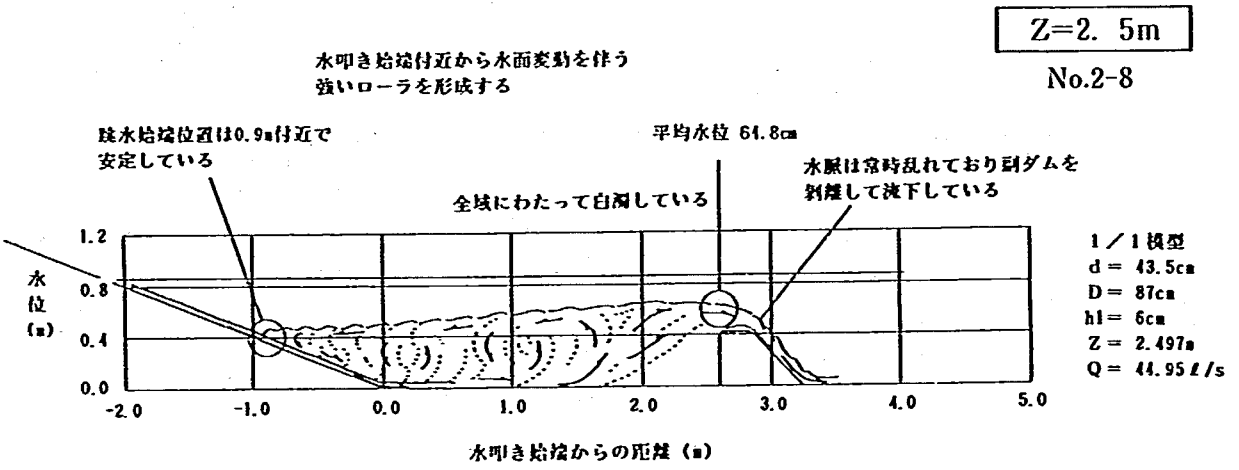


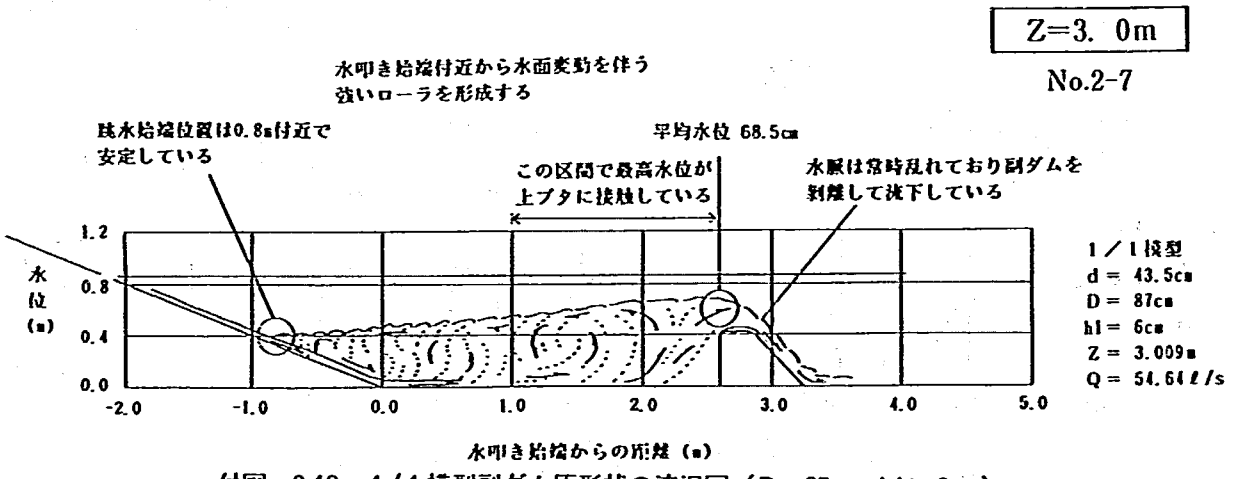




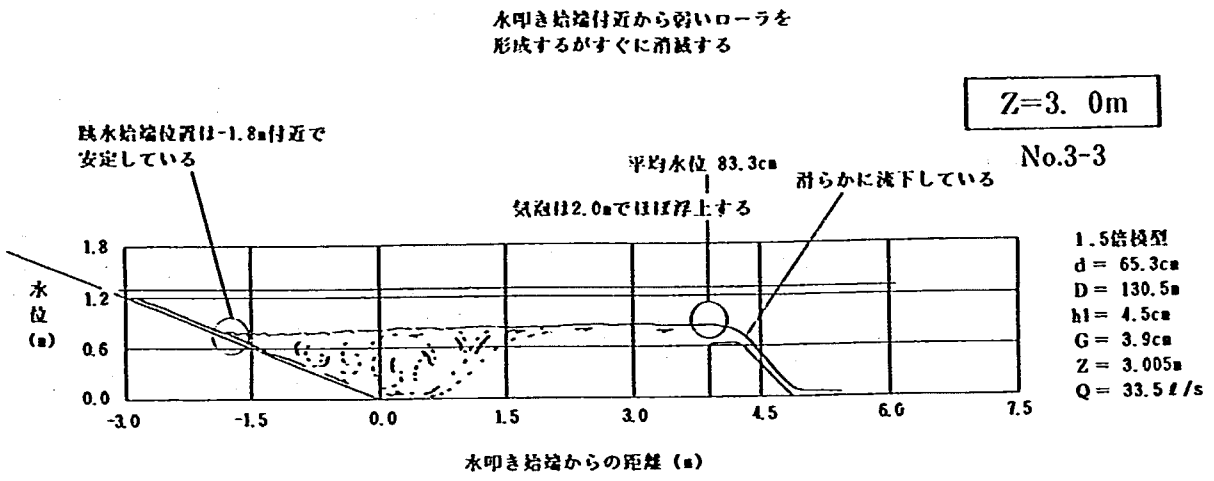
付図－6.17　1／1模型副ダム原形状の流況図（D＝87cm、h1＝4 cm）

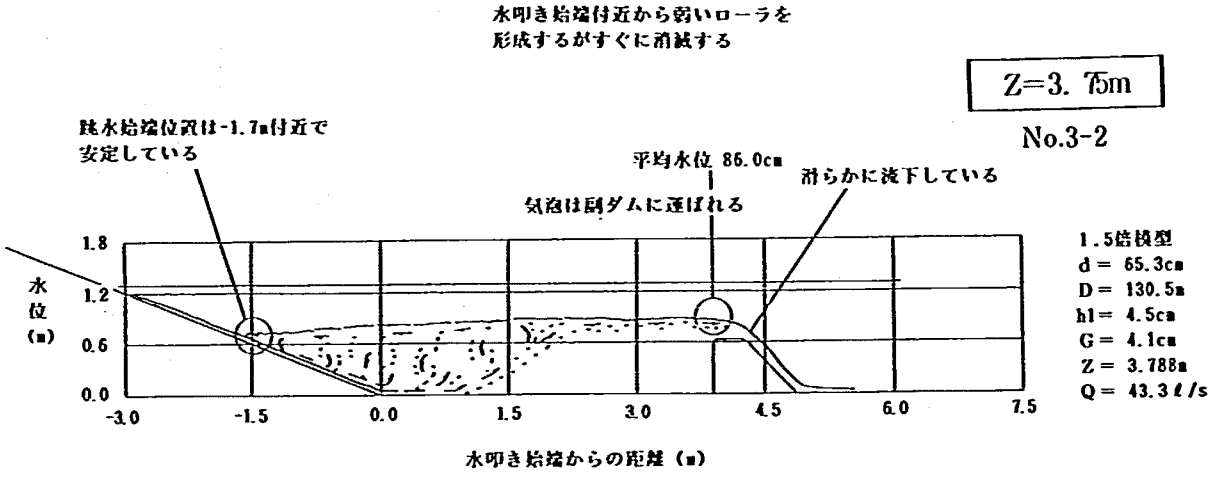


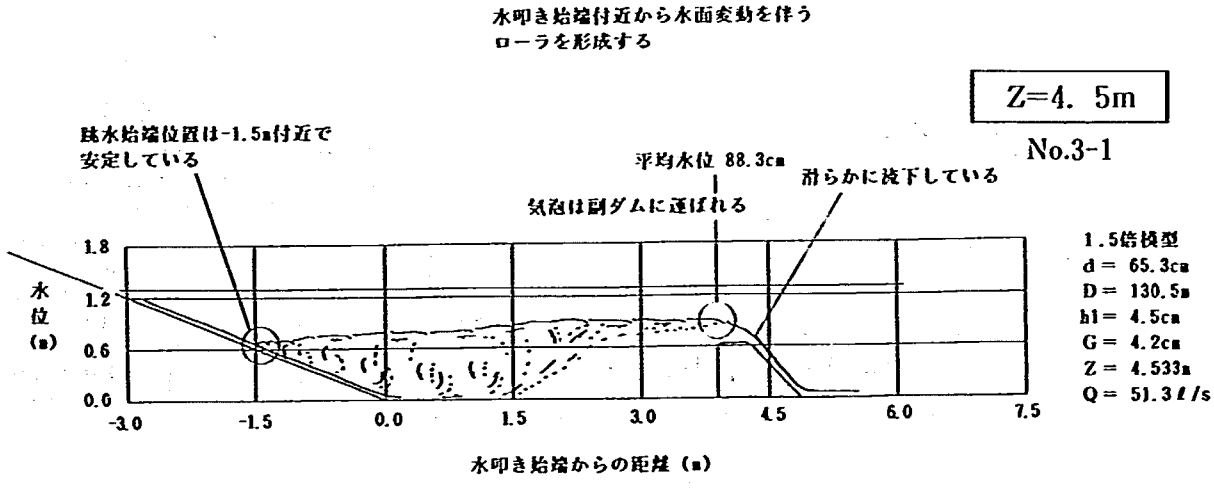




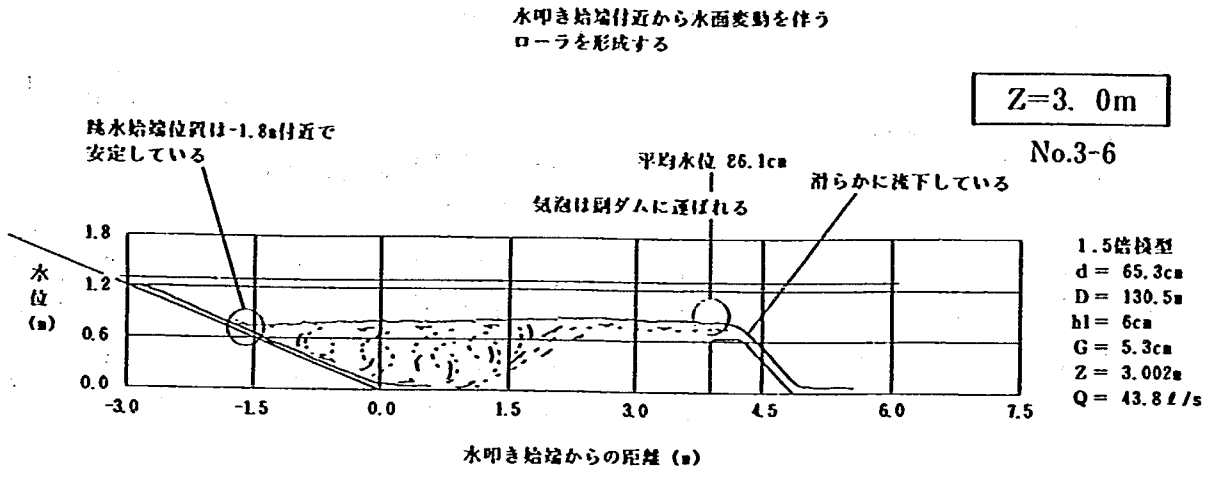
付図－6.18　1／1模型副ダム原形状の流況図（D＝87cm、h1＝6 cm）

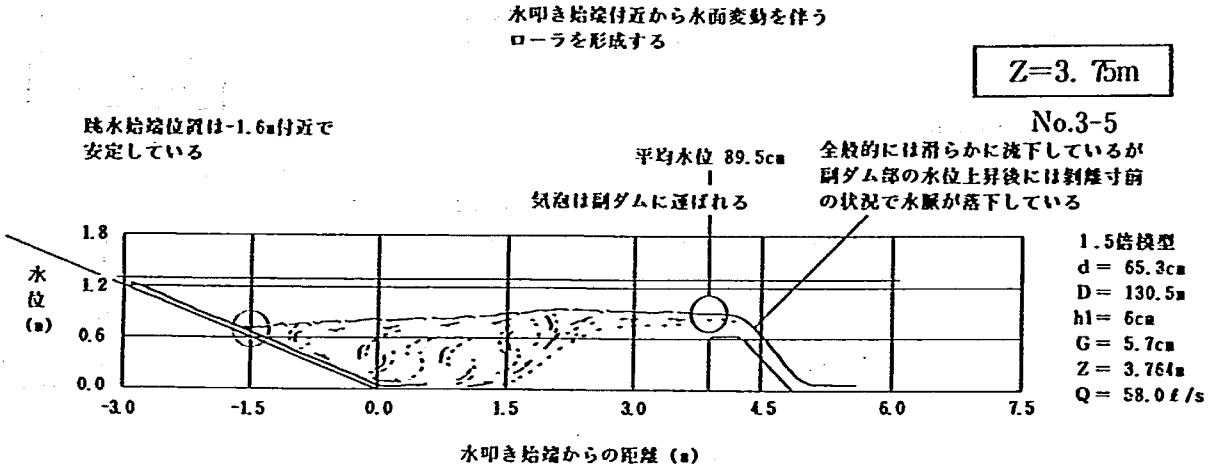


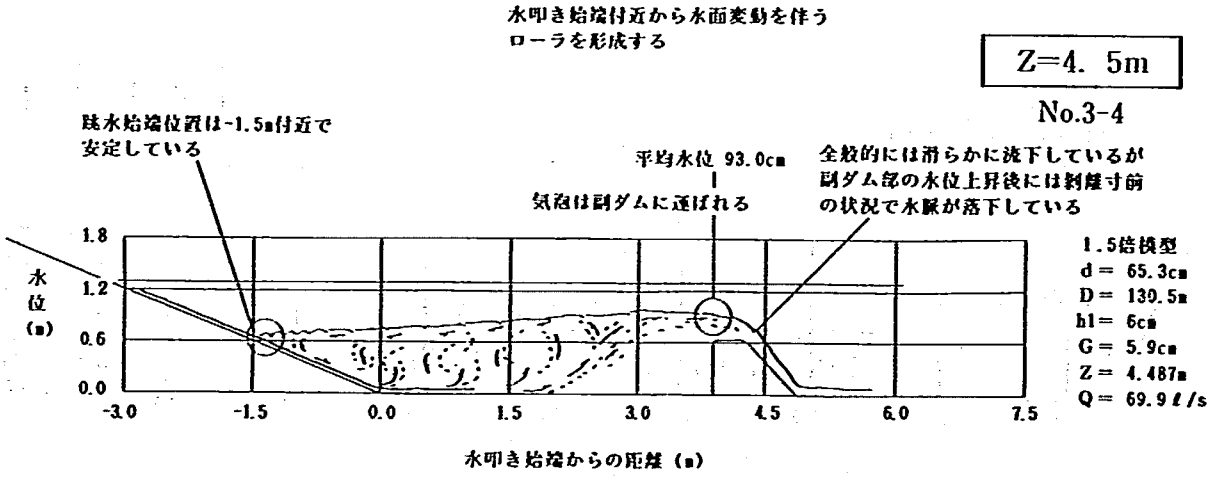




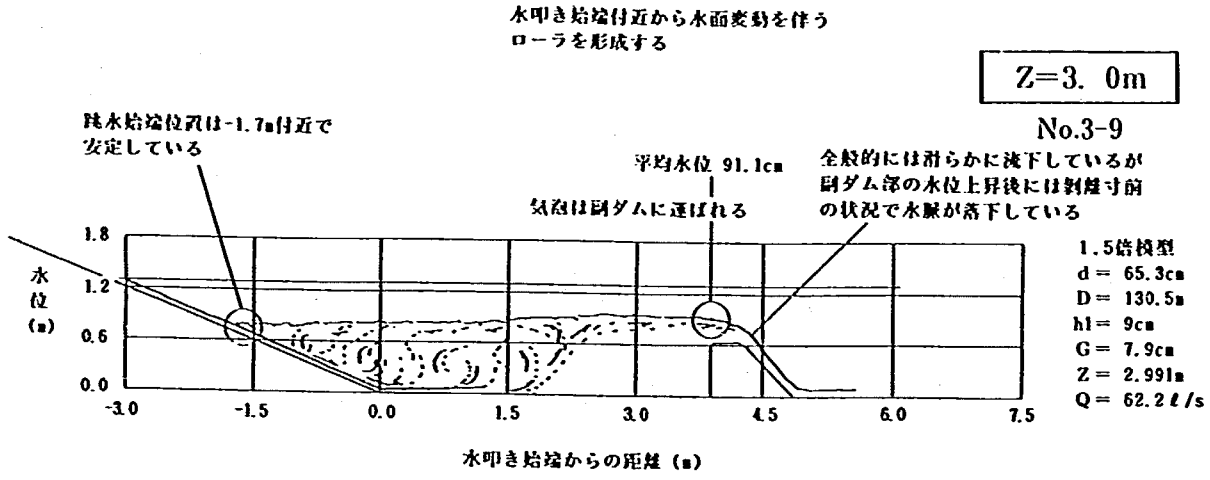
付図－6.19　流況図（h1＝4.5cm）

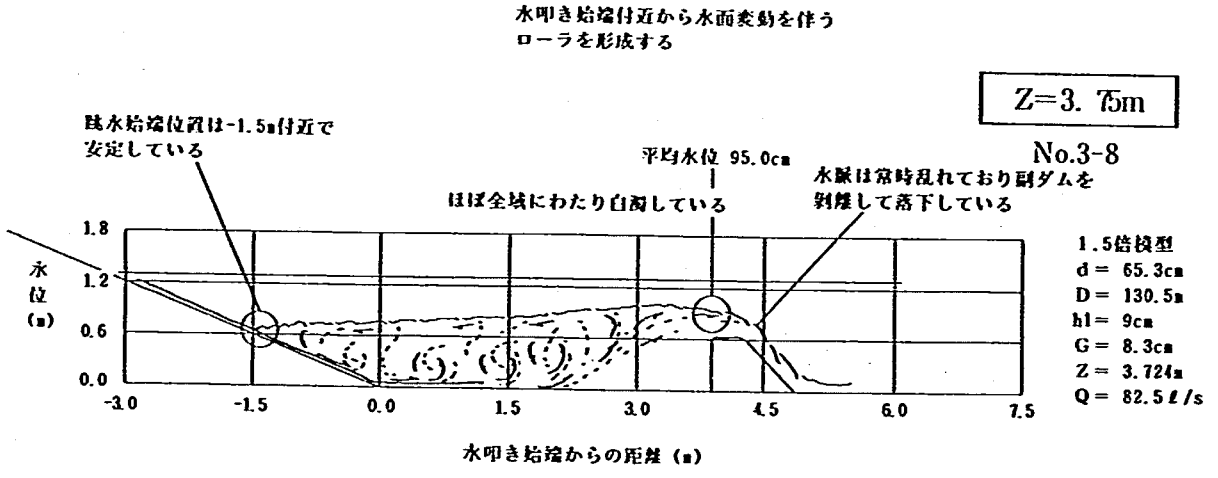


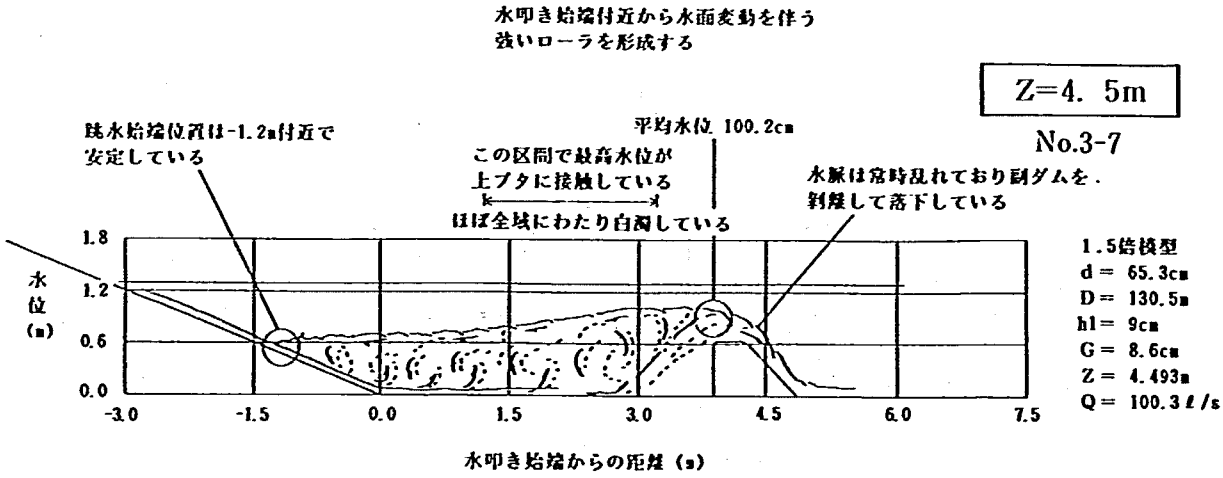




付図－6.20　流況図 (h1＝6 cm)



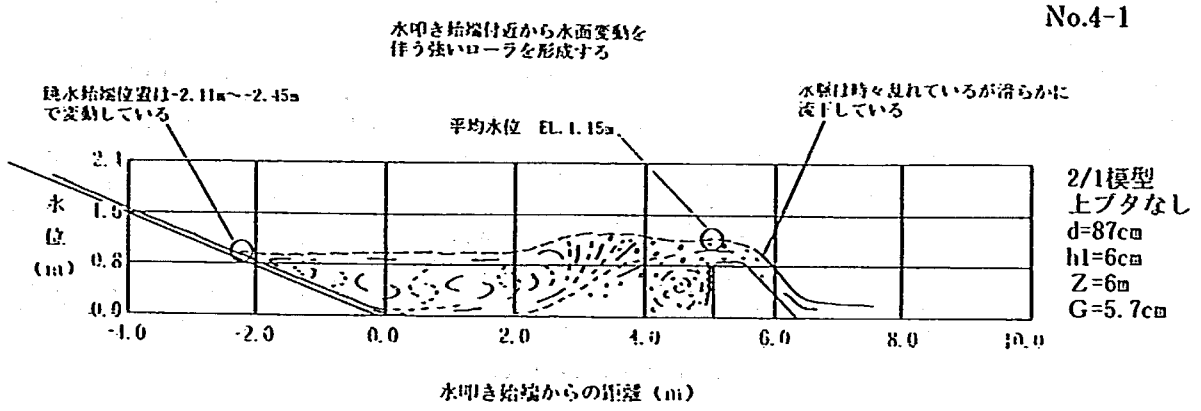




付図－6.21　流況図 (h1＝9 cm)

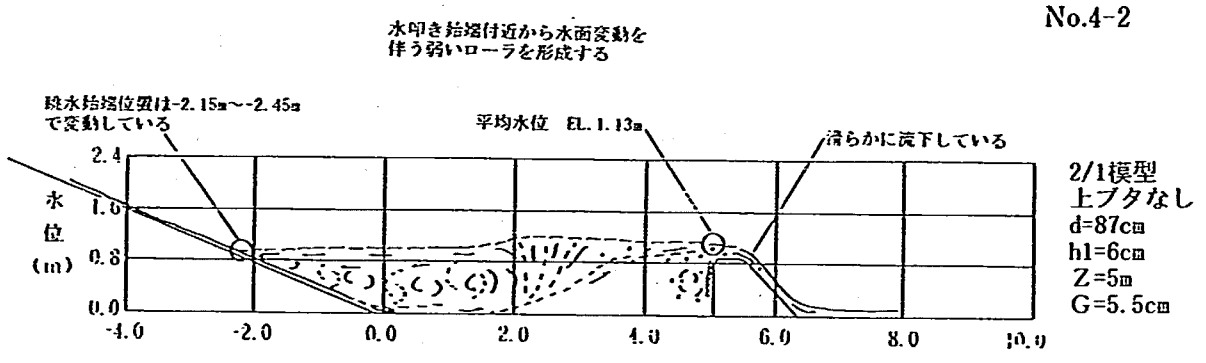
Z=6.0m

No.4-1



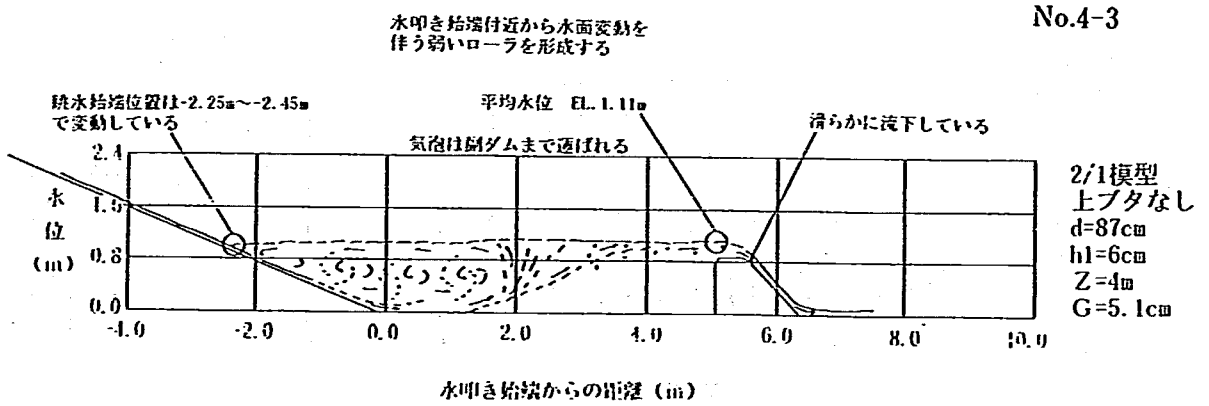
Z=5.0m

No.4-2



Z=4.0m

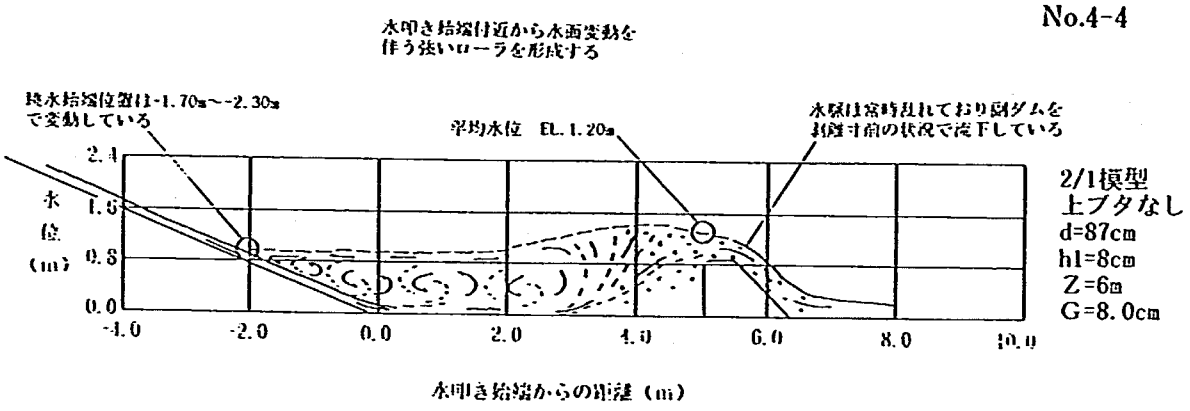
No.4-3



付図－6.22　2/1模型上ブタなしの流況図（h1＝6cm）

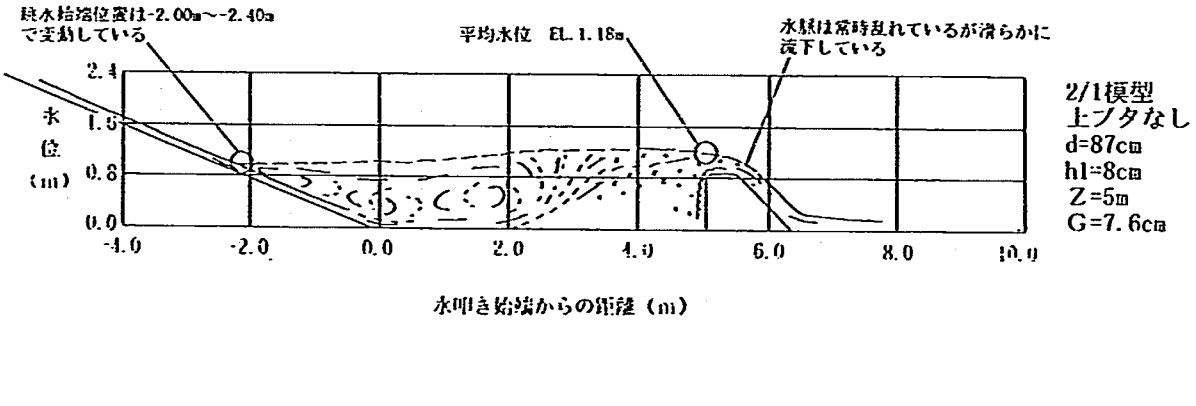
Z=6.0m

No.4-4



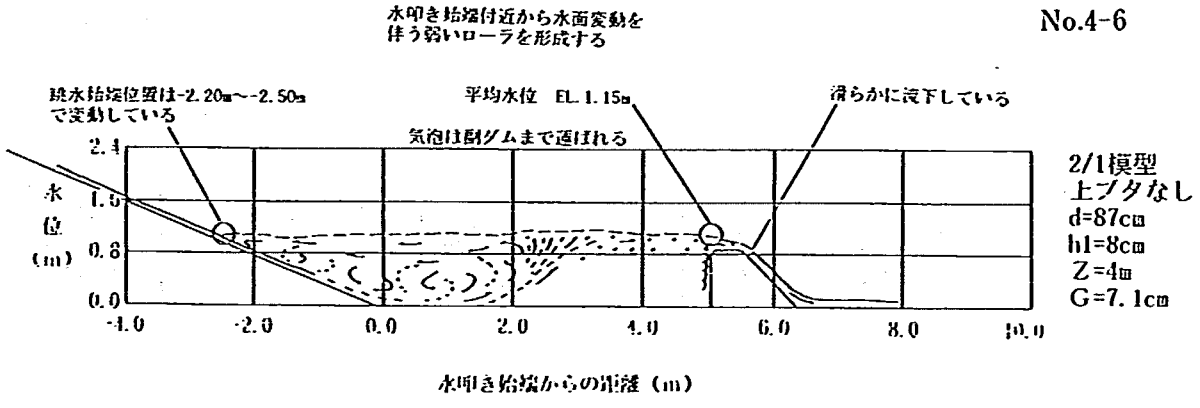
Z=5.0m

No.4-5



Z=4.0m

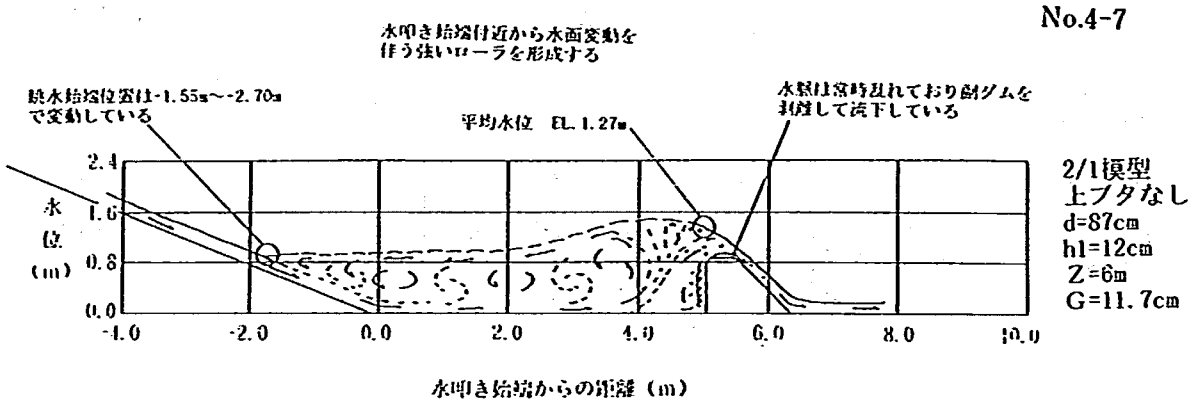
No.4-6



付図－6.23　2／1模型上ブタなしの流況図（h1＝8cm）

Z=6.0m

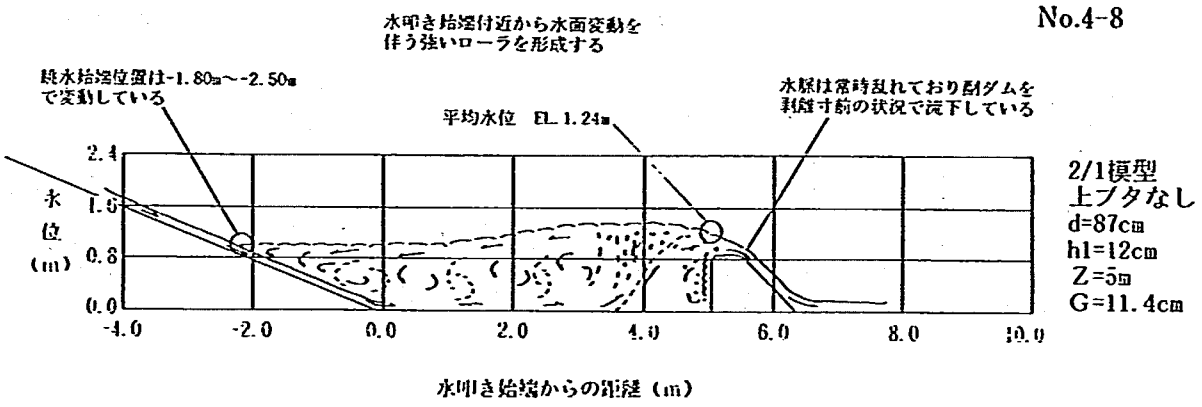
No.4-7



2/1模型
上ブタなし
d=87cm
h1=12cm
Z=6m
G=11.7cm

Z=5.0m

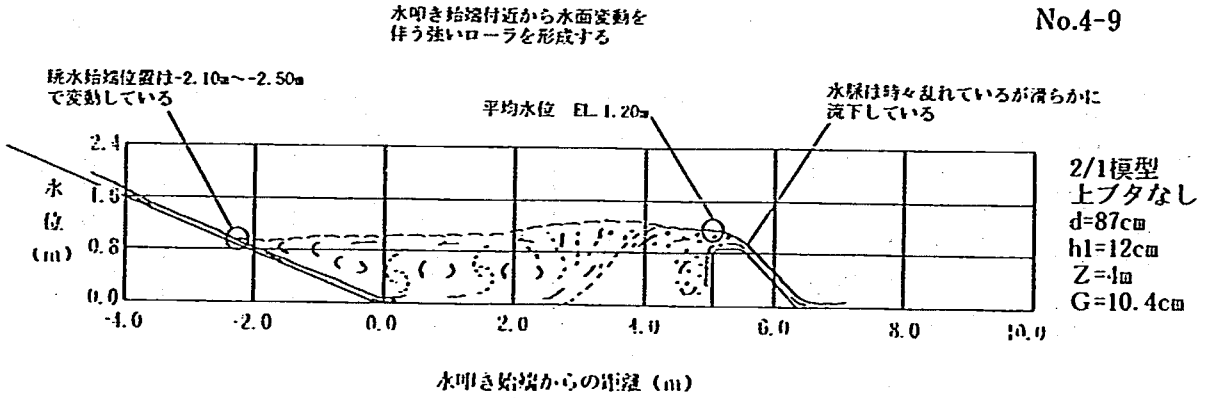
No.4-8



2/1模型
上ブタなし
d=87cm
h1=12cm
Z=5m
G=11.4cm

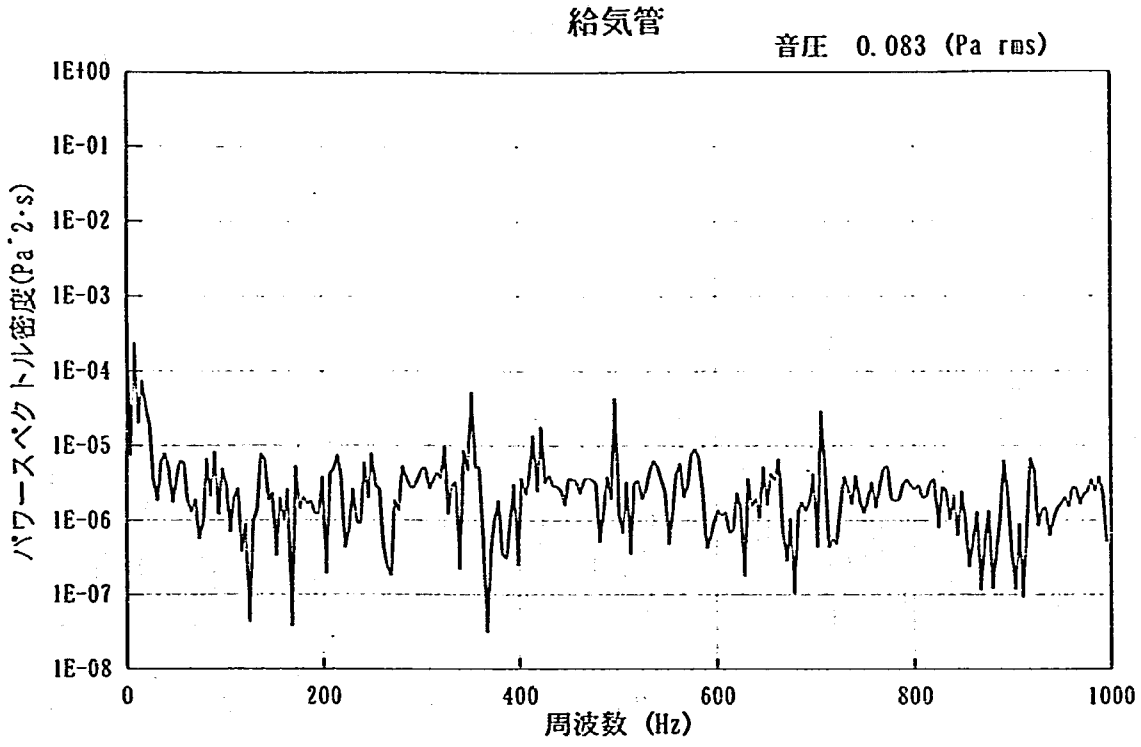
Z=4.0m

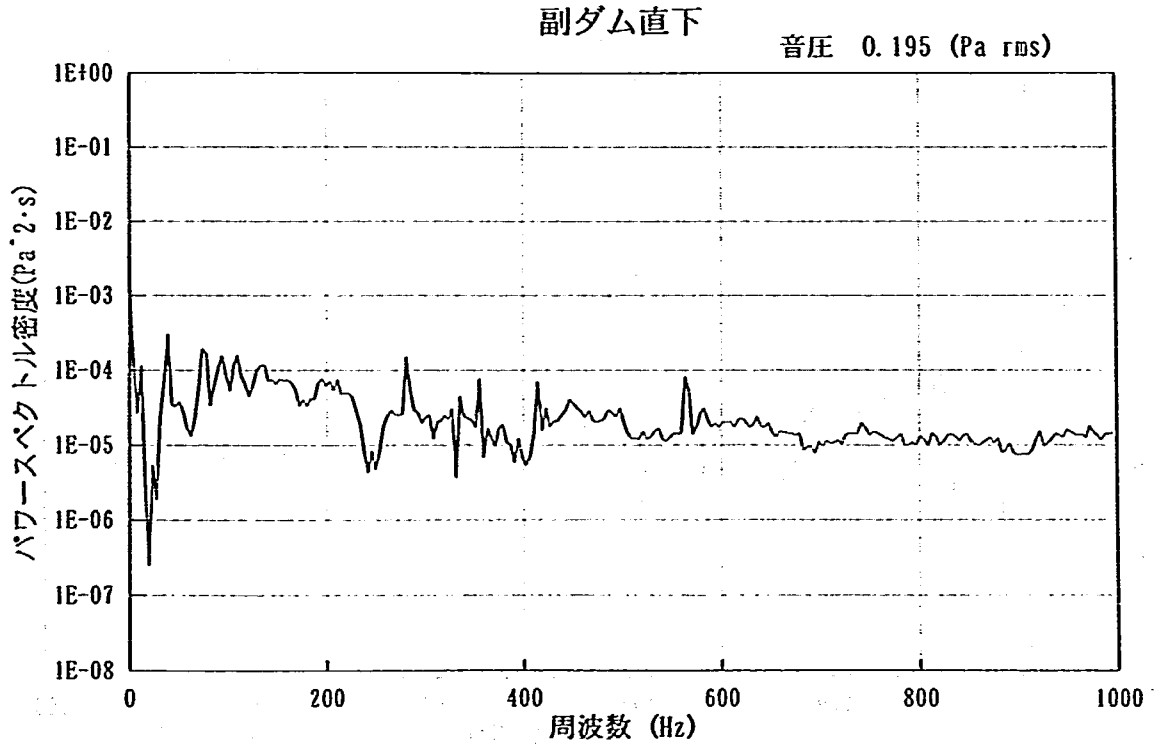
No.4-9



2/1模型
上ブタなし
d=87cm
h1=12cm
Z=4m
G=10.4cm

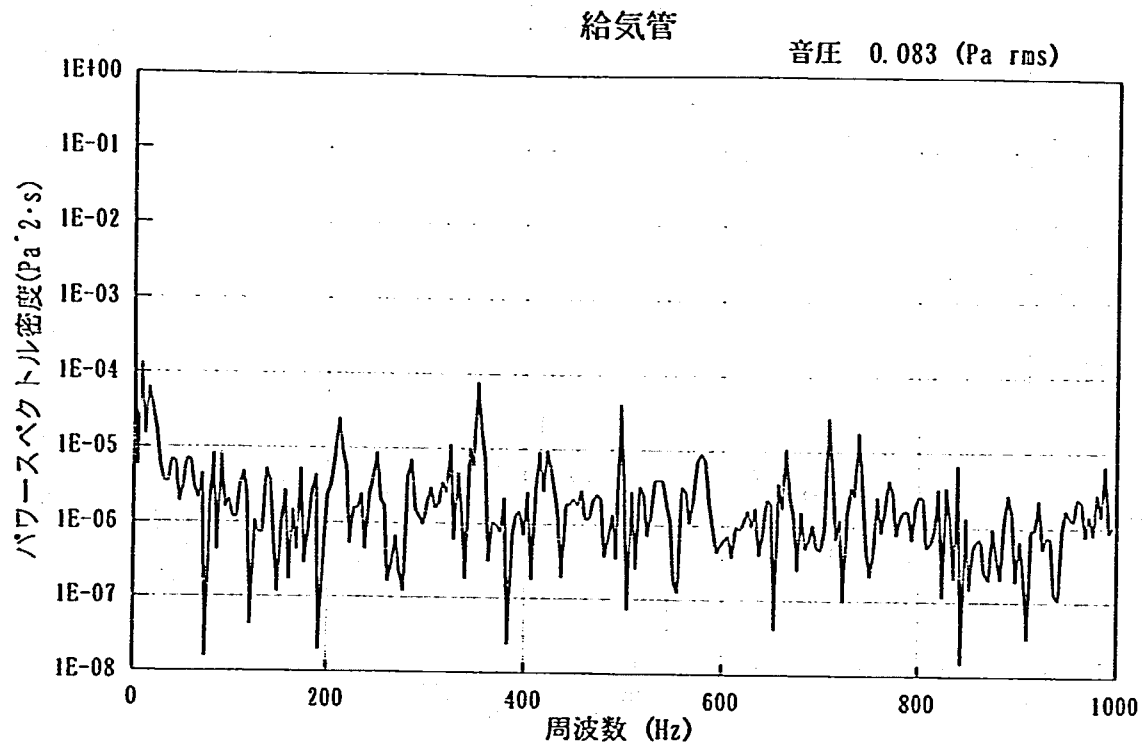
付図－6.24　2／1模型上ブタなしの流況図 (h1＝12cm)

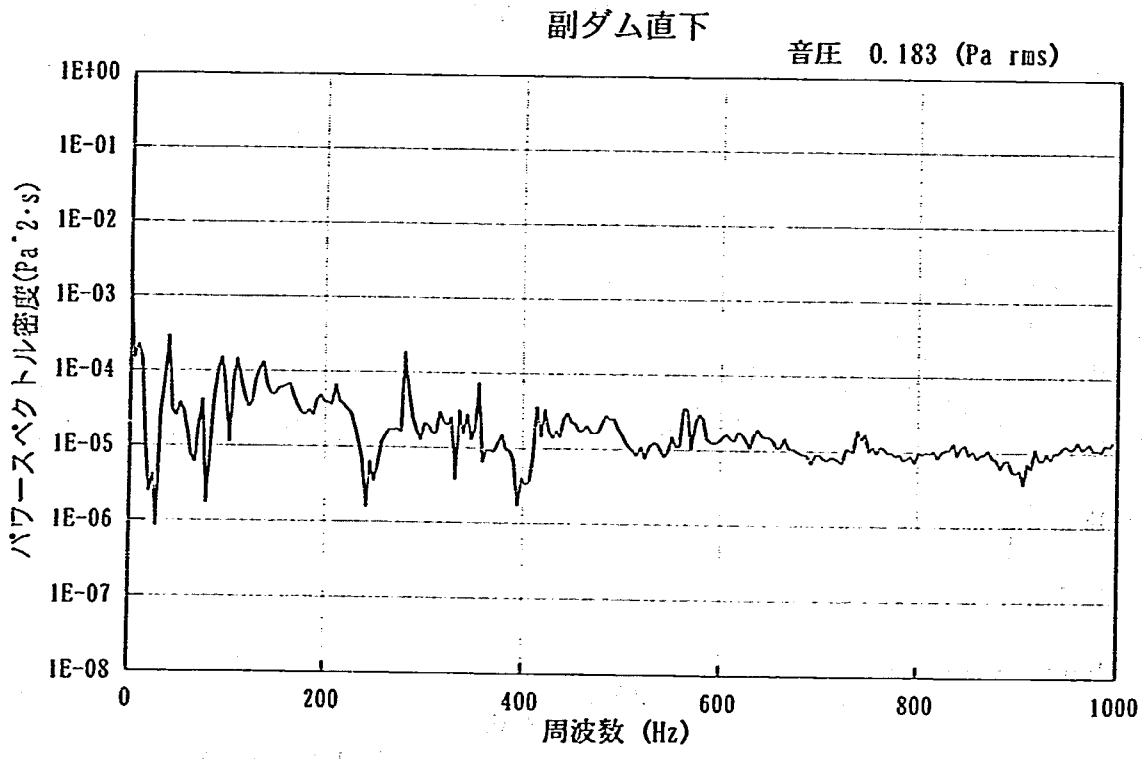




No.1-1-a(Data No.821)
1/2模型 副ダム原形状
h1=1.5cm, Z=1.5m, ふた無し
Q=9.58L/s
暗騒音補正後

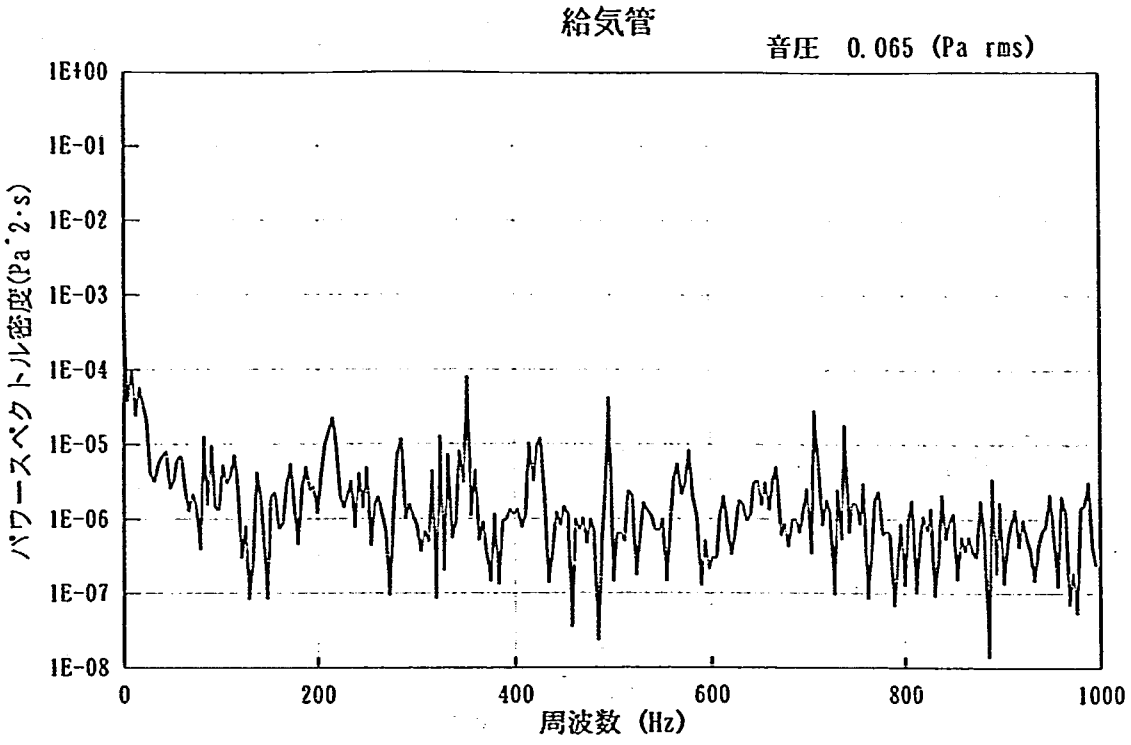
付図−6.25　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

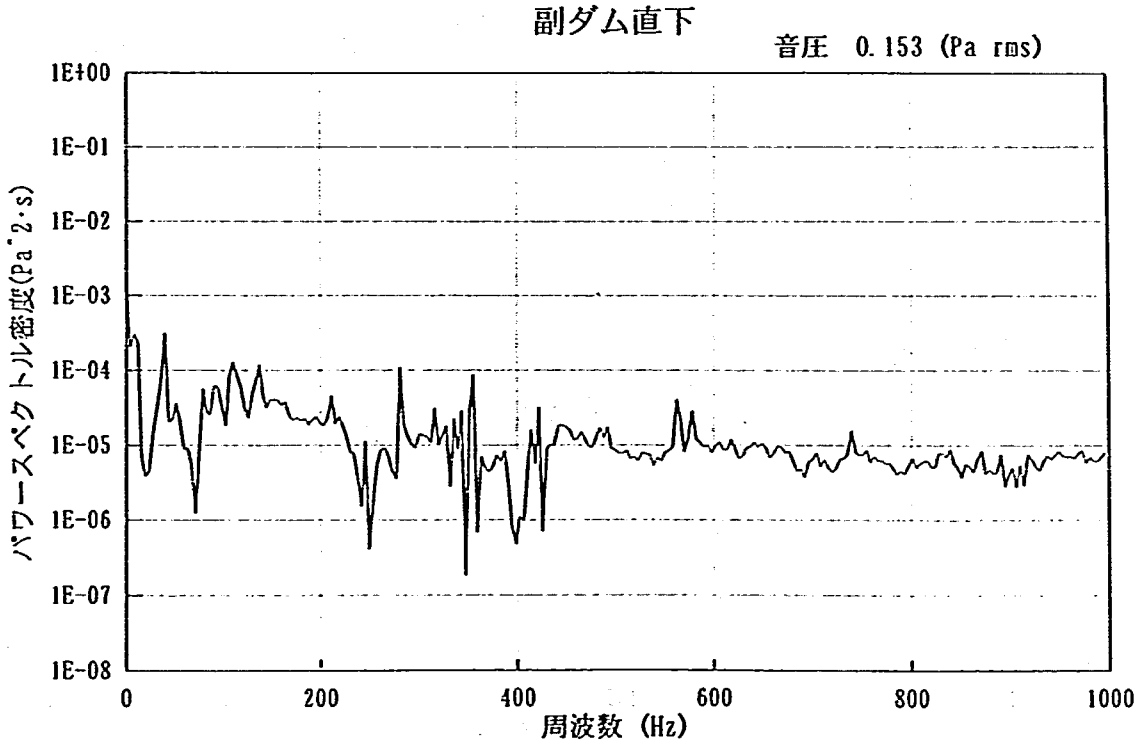




No.1-2-a(Data No.820)
1/2模型 副ダム原形状
h1=1.5cm, Z=1.25m, ふた無し
Q=8.10L/s
暗騒音補正後

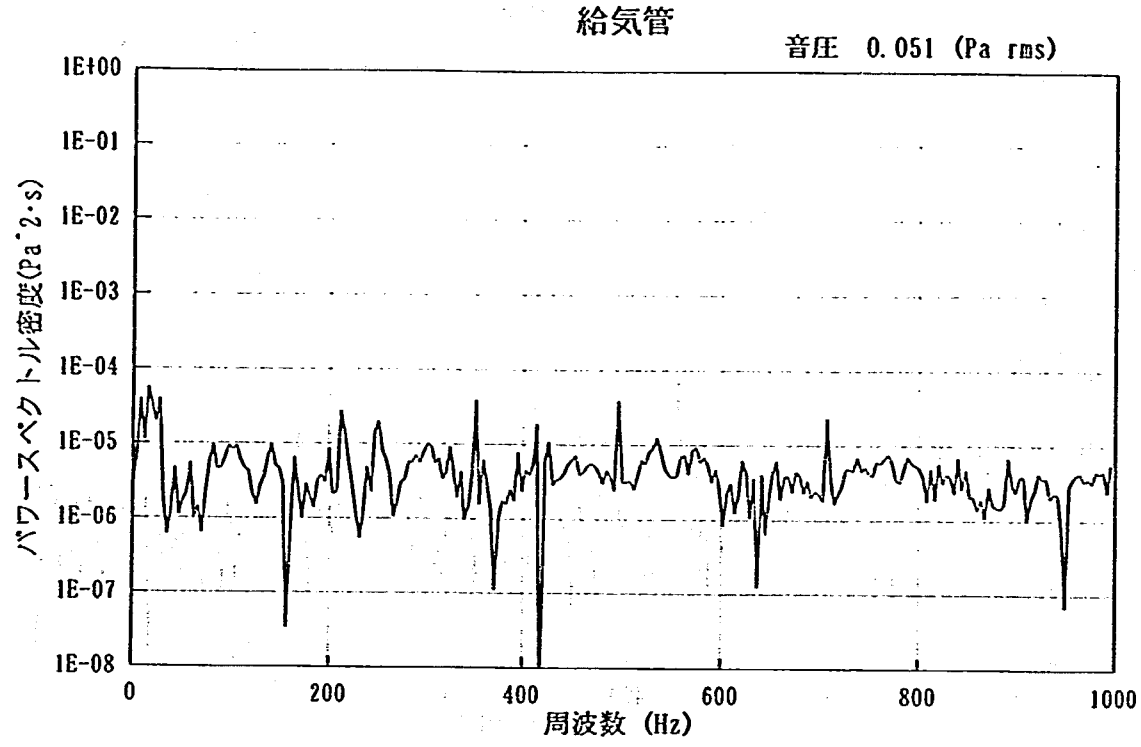
付図－6.26　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

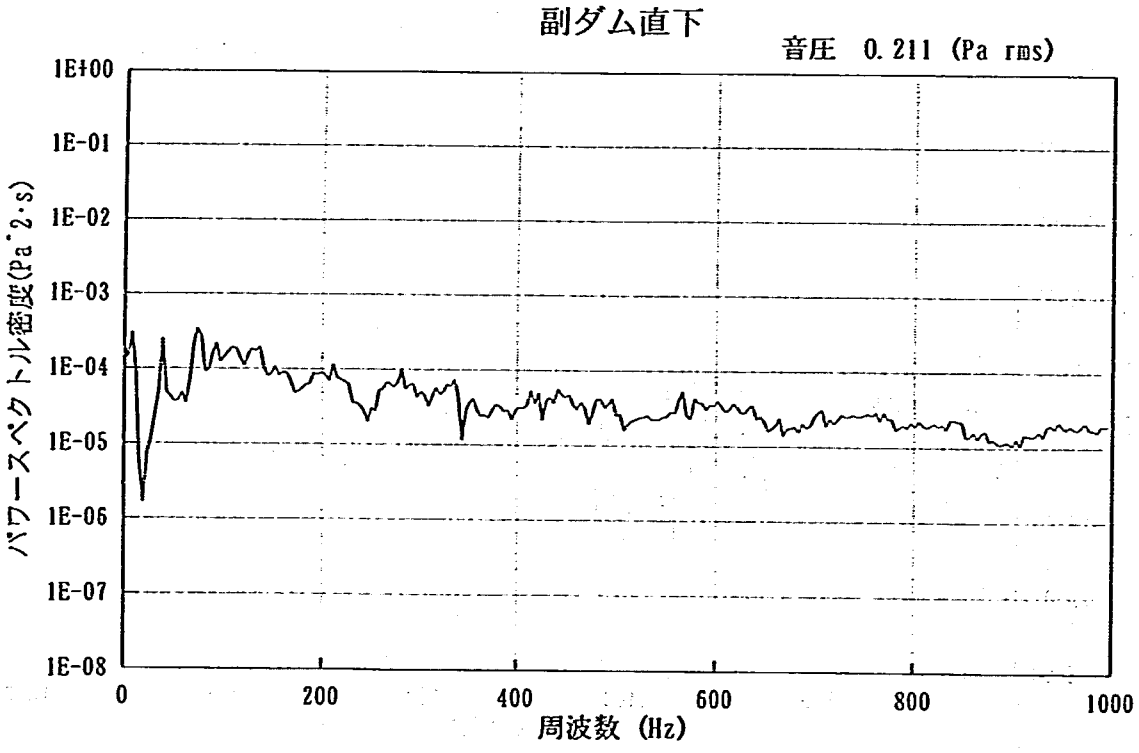




No.1-3-a(Data No.819)
1/2模型 副ダム原形状
h1=1.5cm, Z=1.0m, ふた無し
Q=6.06L/s
暗騒音補正後

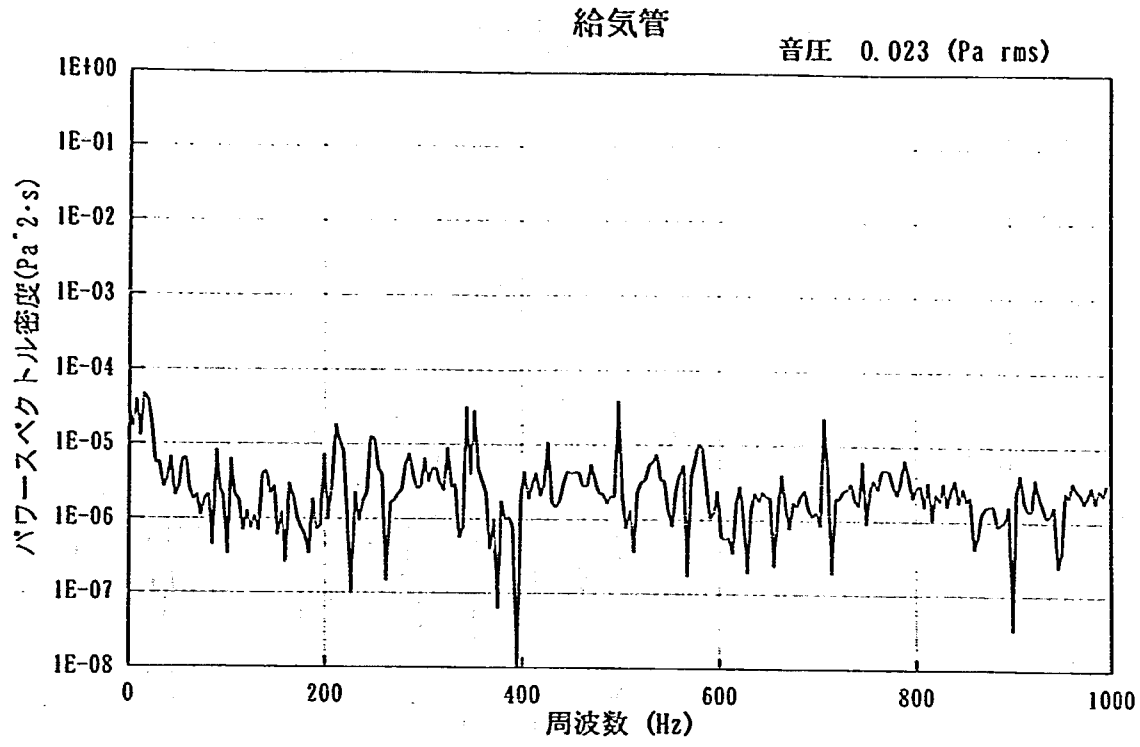
付図－6.27　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

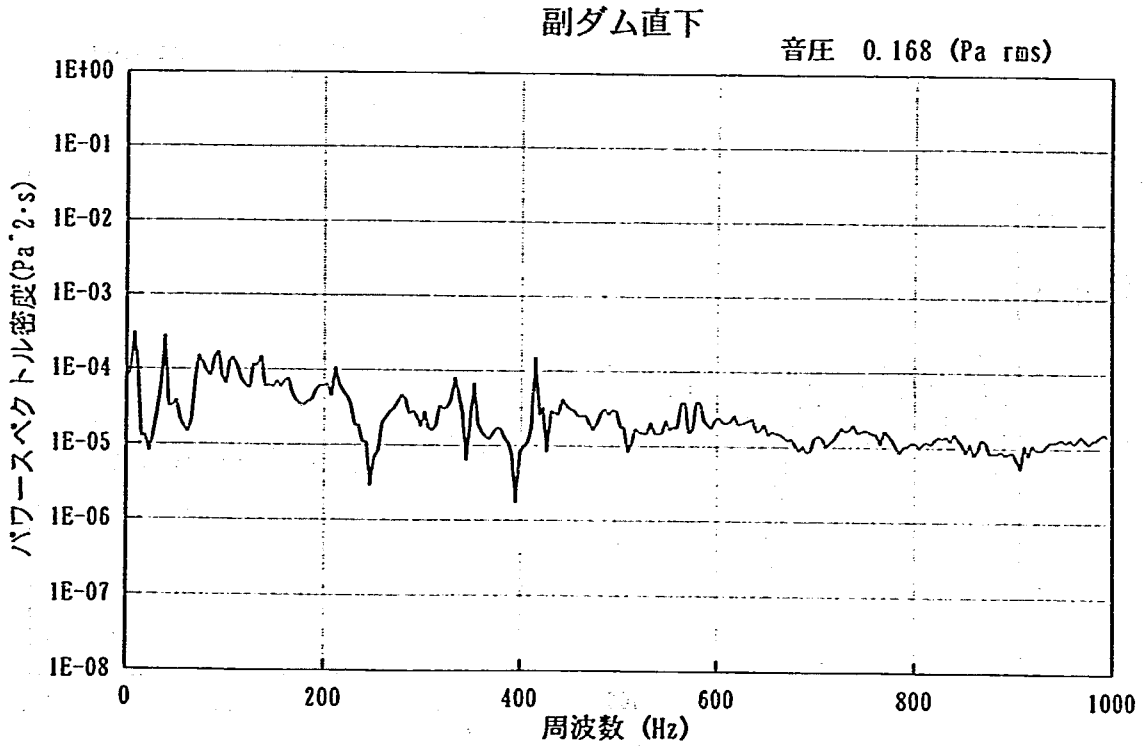




No.1-4-a(Data No.824)
1/2模型 副ダム原形状
h1=2.0cm, l=1.5m, ふた無し
Q=13.34L/s
暗騒音補正後

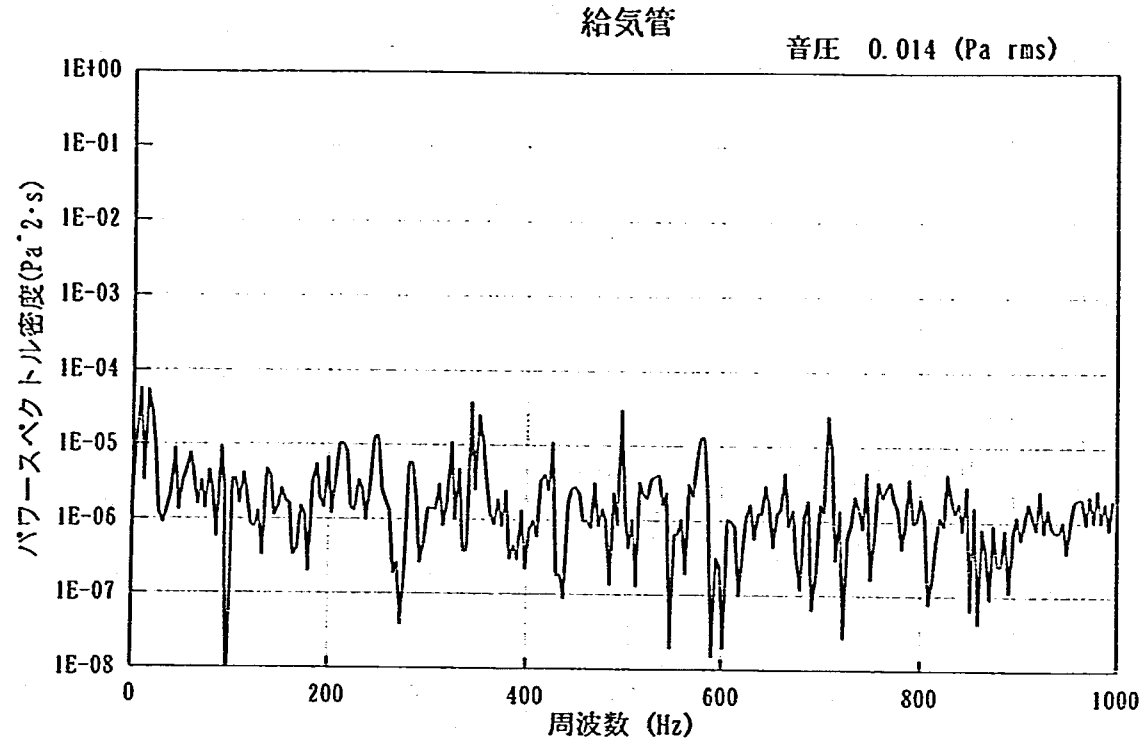
付図－6.28 圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

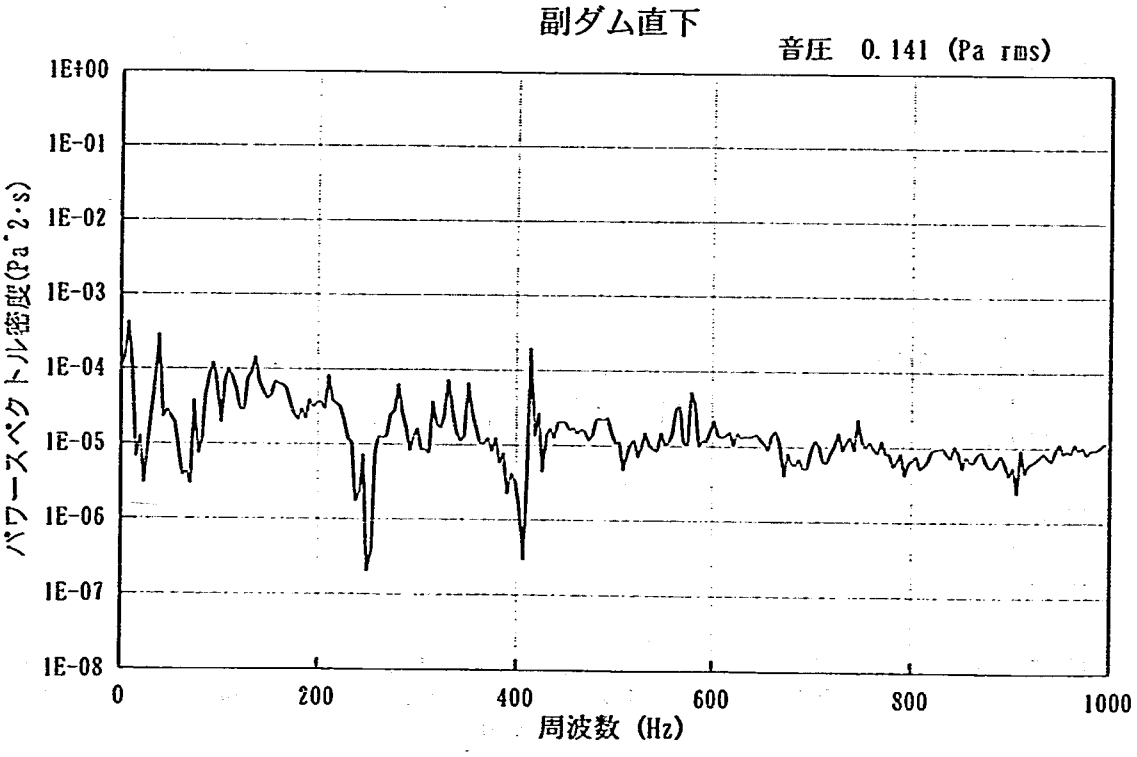




No.1-5-a(Data No.823)
1/2模型 副ダム原形状
h1=2.0cm, Z=1.25m, ふた無し
Q=11.02L/s
暗騒音補正後

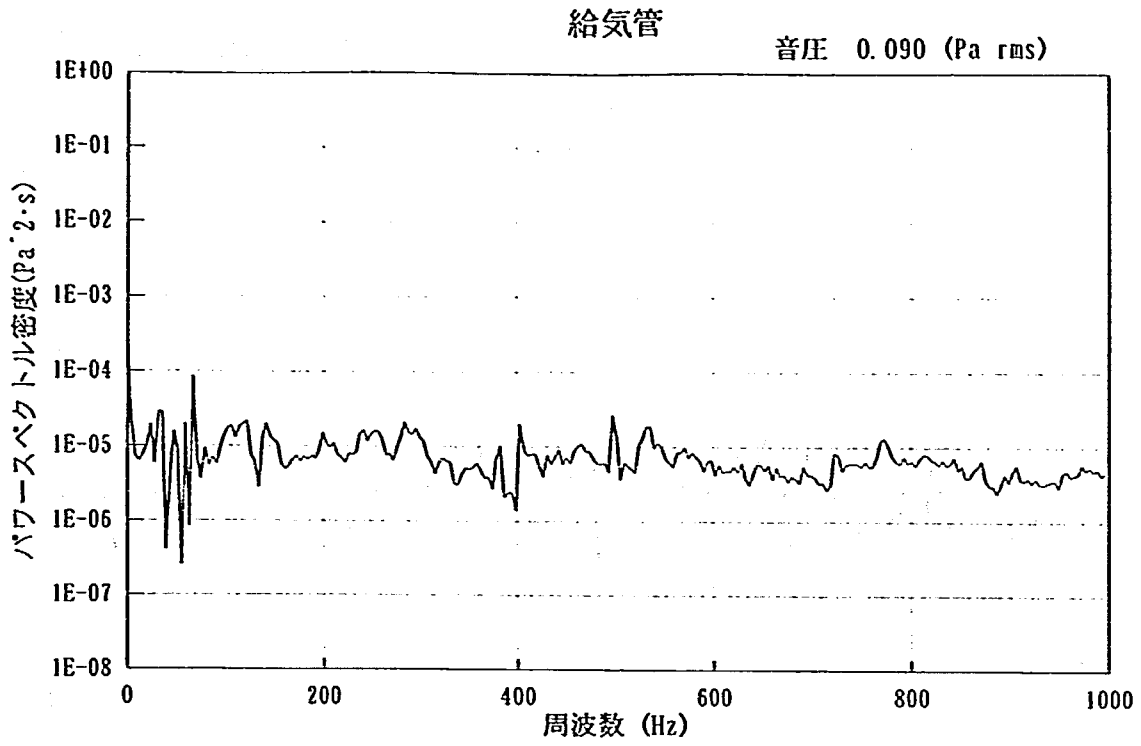
付図－6.29　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

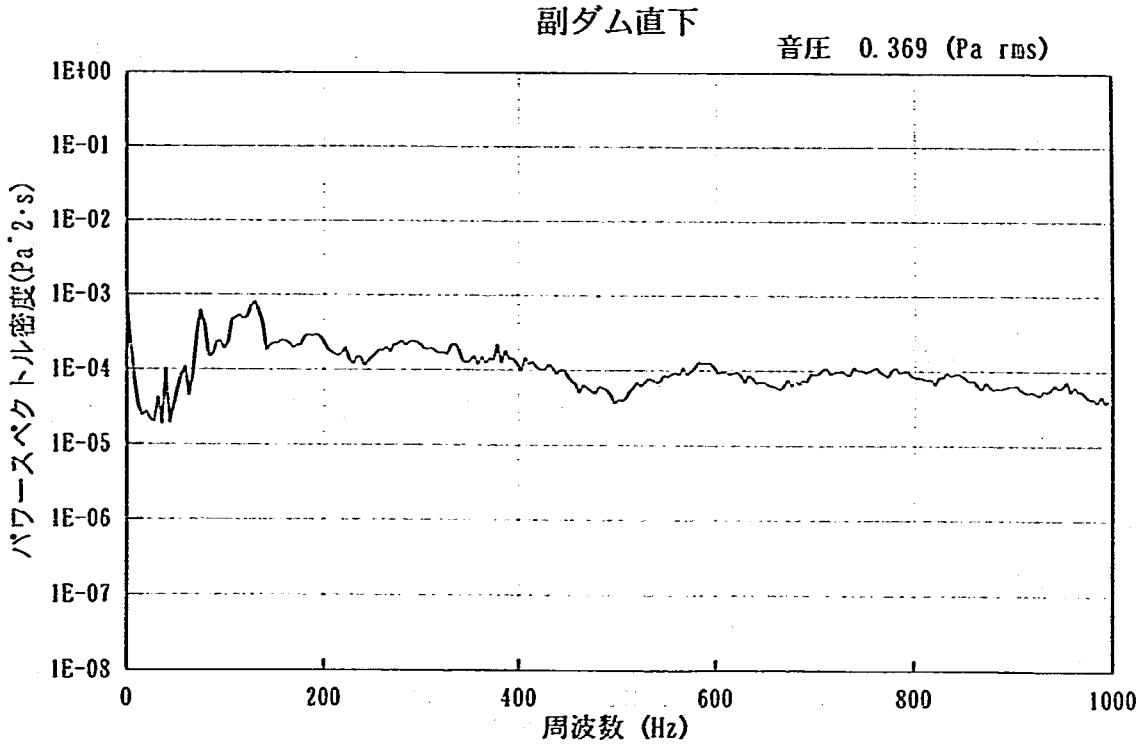




No.1-6-a(Data No.822)
1/2模型 副ダム原形状
h1=2.0cm, Z=1.0m, ふた無し
Q=8.44L/s
暗騒音補正後

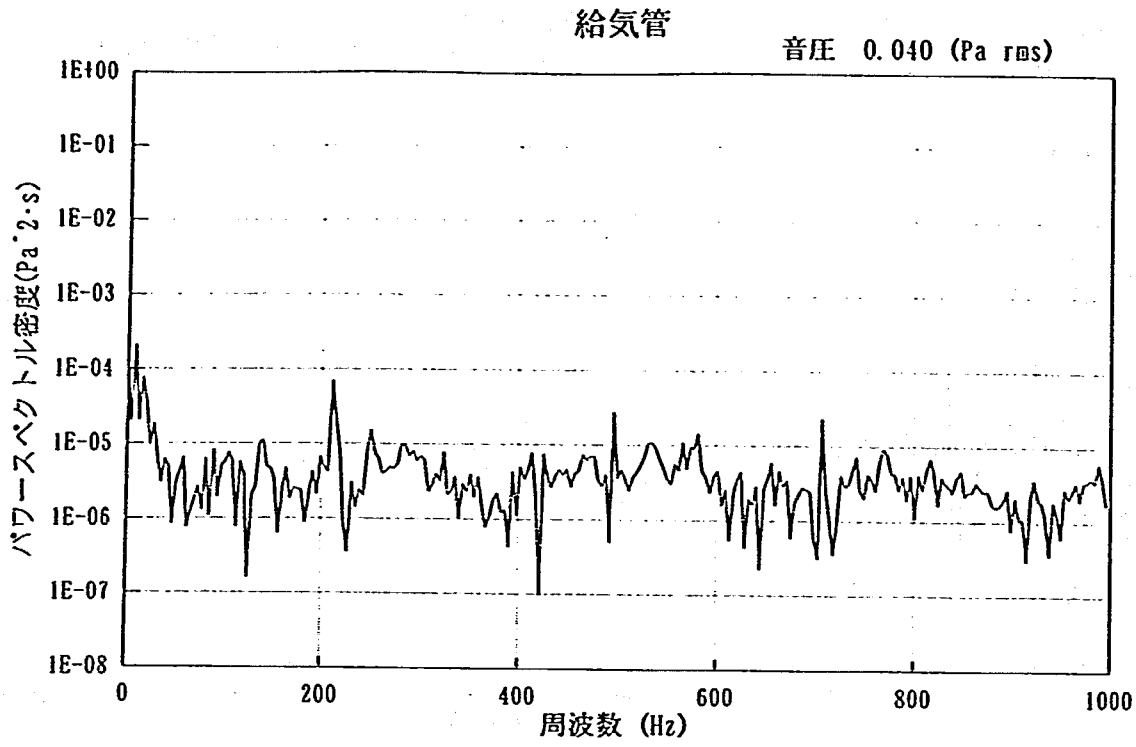
付図－6.30　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

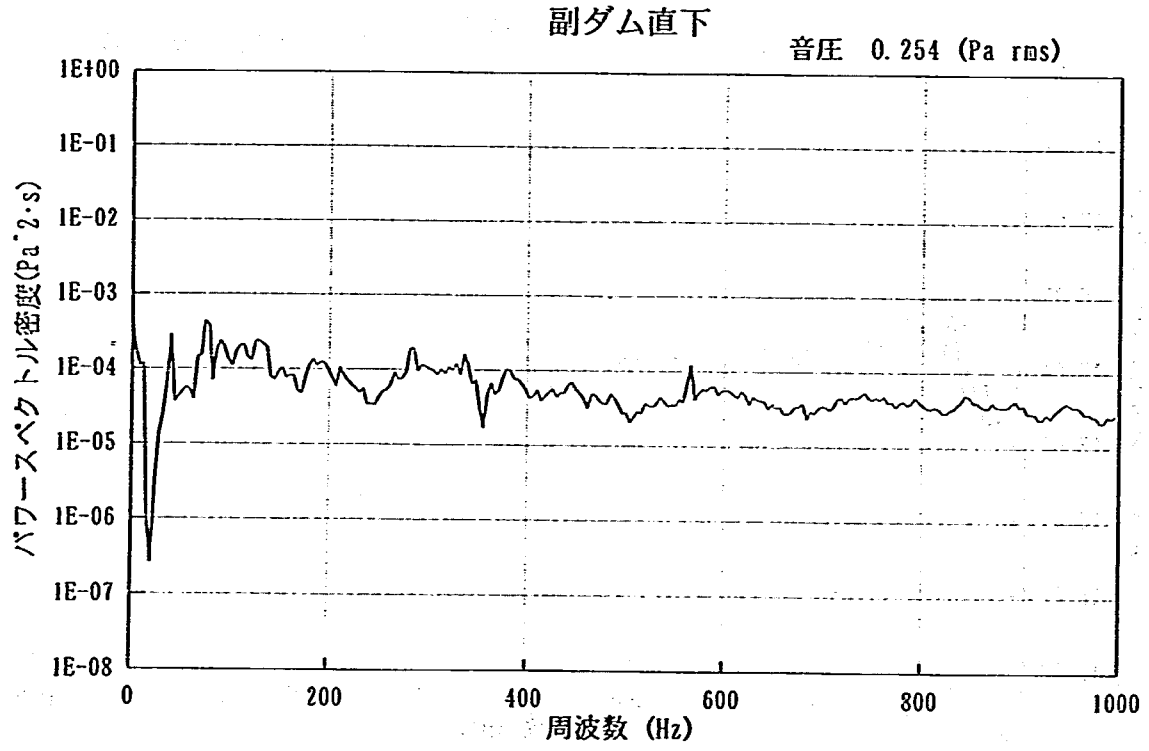




No.1-7-a(Data No.827)
1/2模型 副ダム原形状
h1=3cm, Z=1.5m, ふた無し
Q=18.54L/s
暗騒音補正後

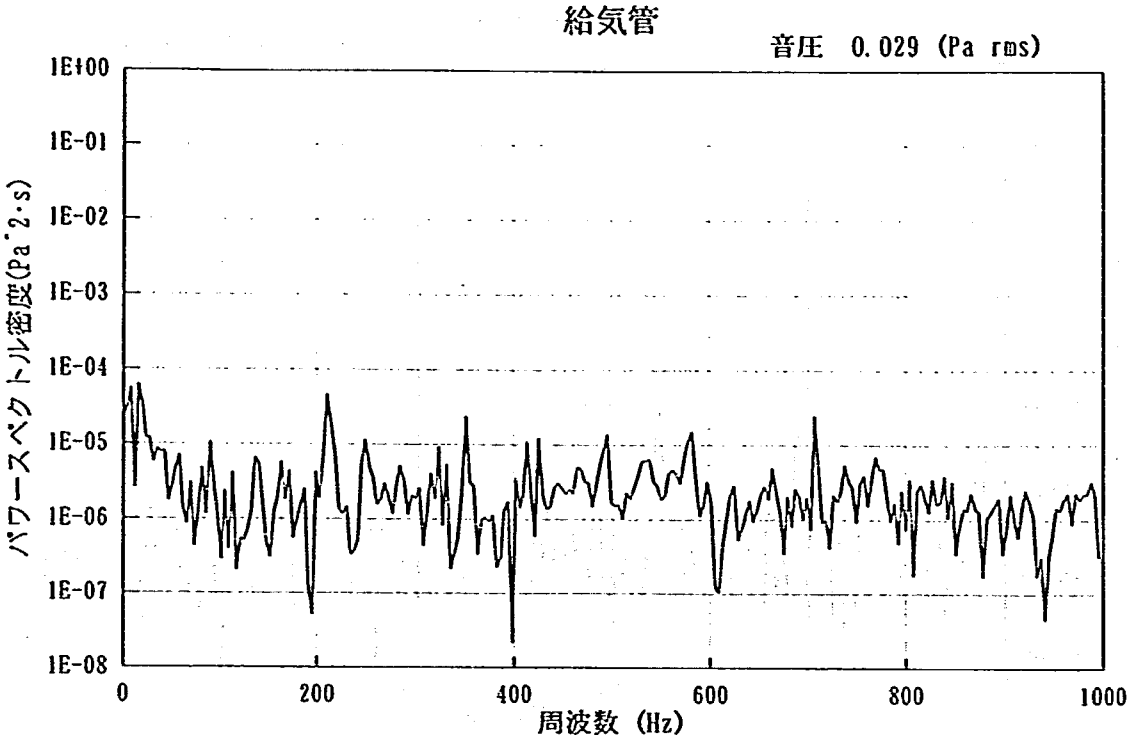
付図−6.31　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

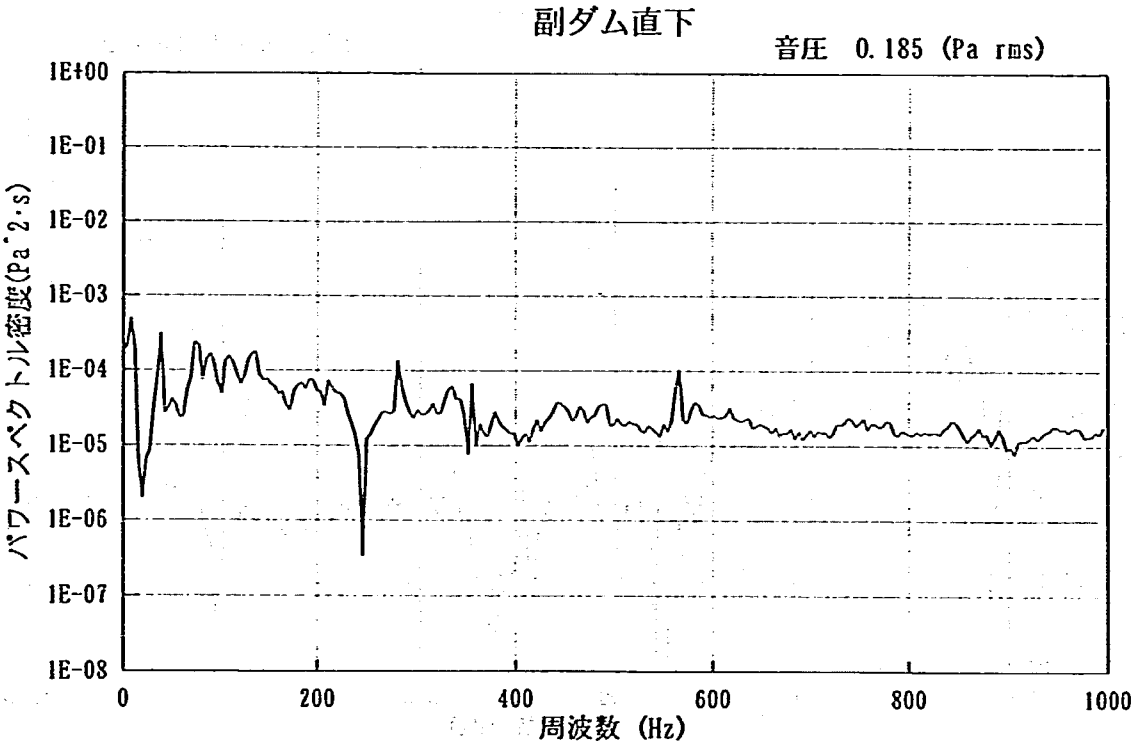




No.1-8-a(Data No.826)
1/2模型 副ダム原形状
h1=3.0cm, Z=1.25m, ふた無し
Q=15.96L/s
暗騒音補正後

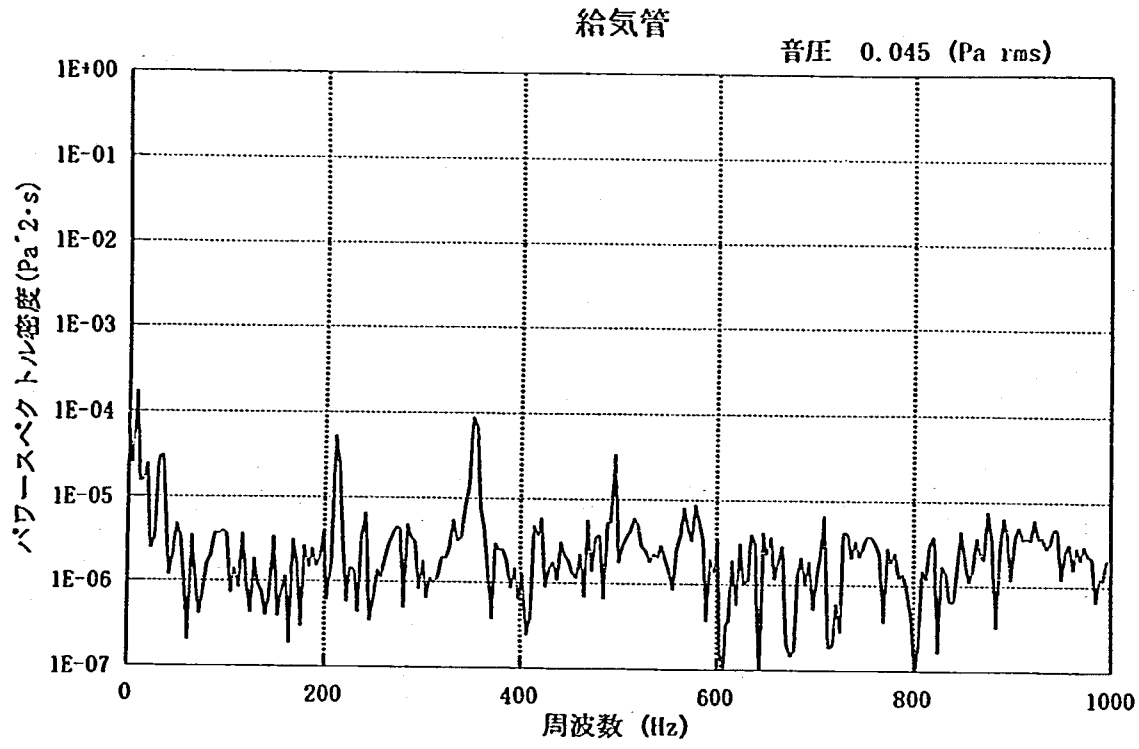
付図－6.32 圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

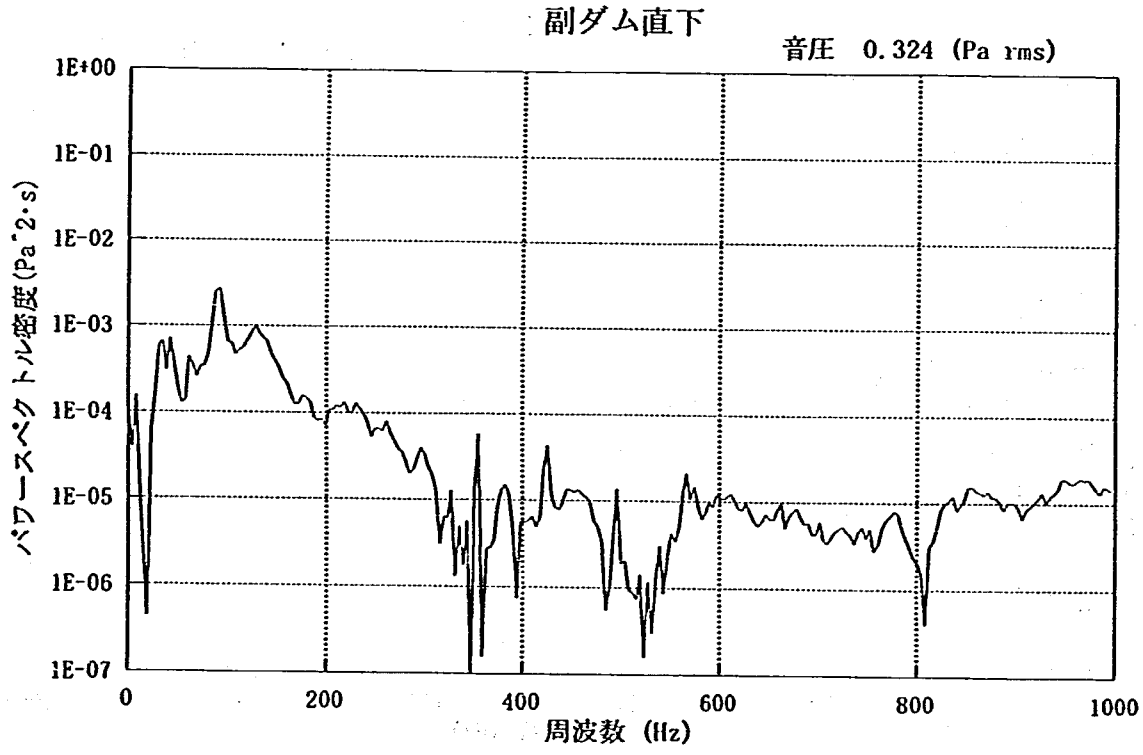




No.1-9-a(Data No.825)
1/2模型 副ダム原形状
h1=3.0cm, Z=1.0m, ふた無し
Q=12.48L/s
暗騒音補正後

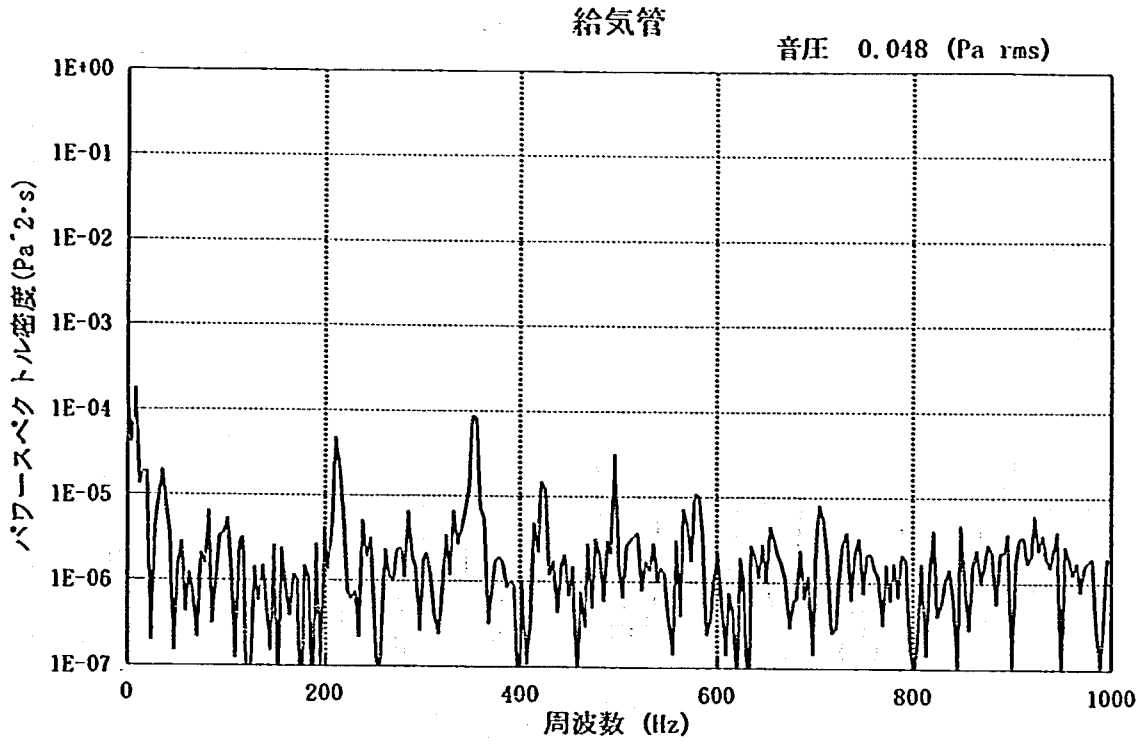
付図－6.33　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

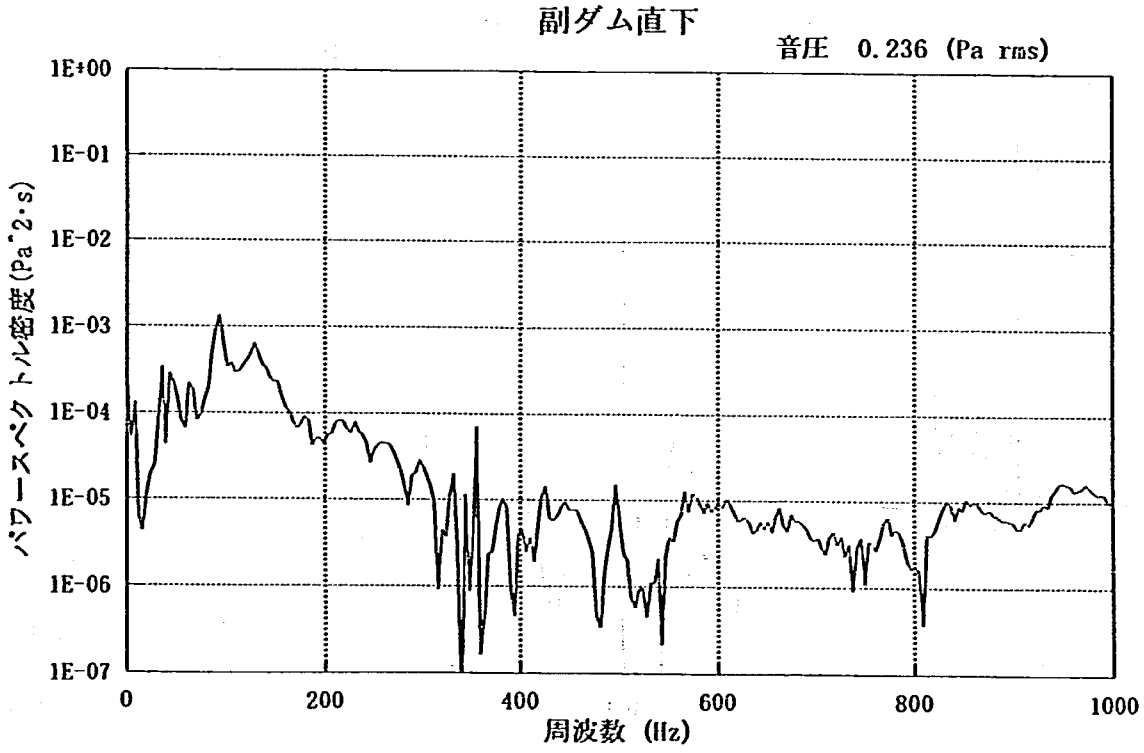




No.1-1-b .
1/2模型 副ダム原形状
D=43.5cm, h1=1.5cm, Z=1.5m
Q=9.70L/s
暗騒音補正後

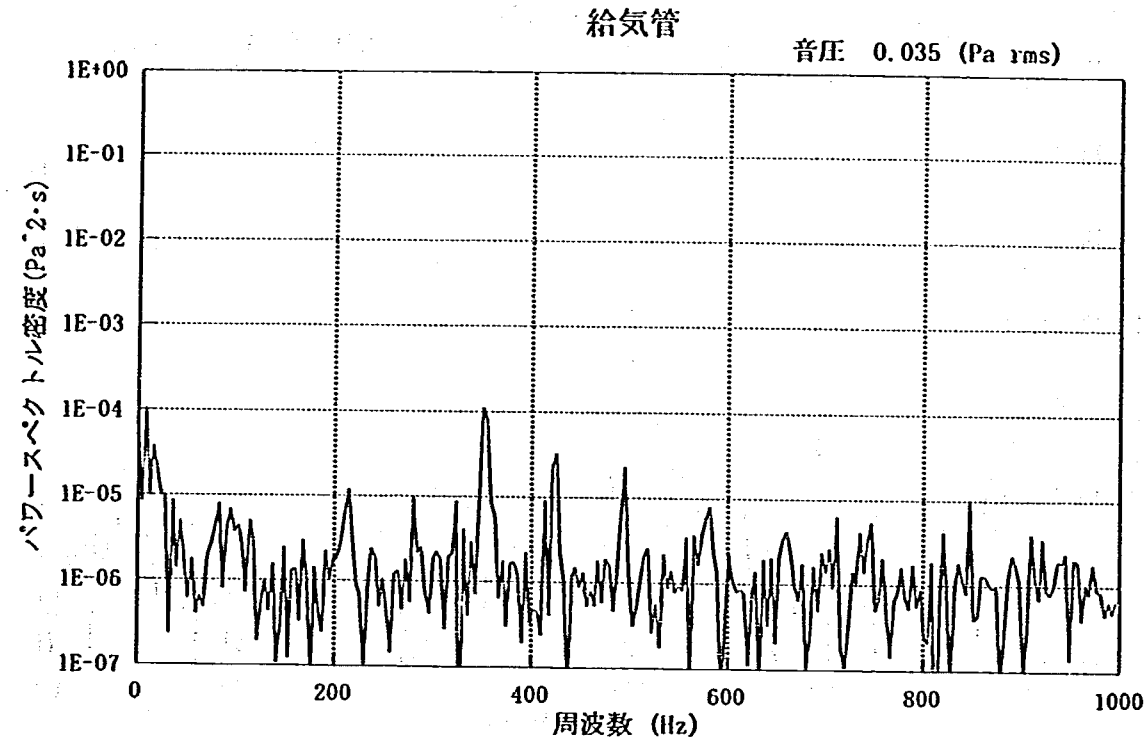
付図－6.34　圧力のパワースペクトル密度

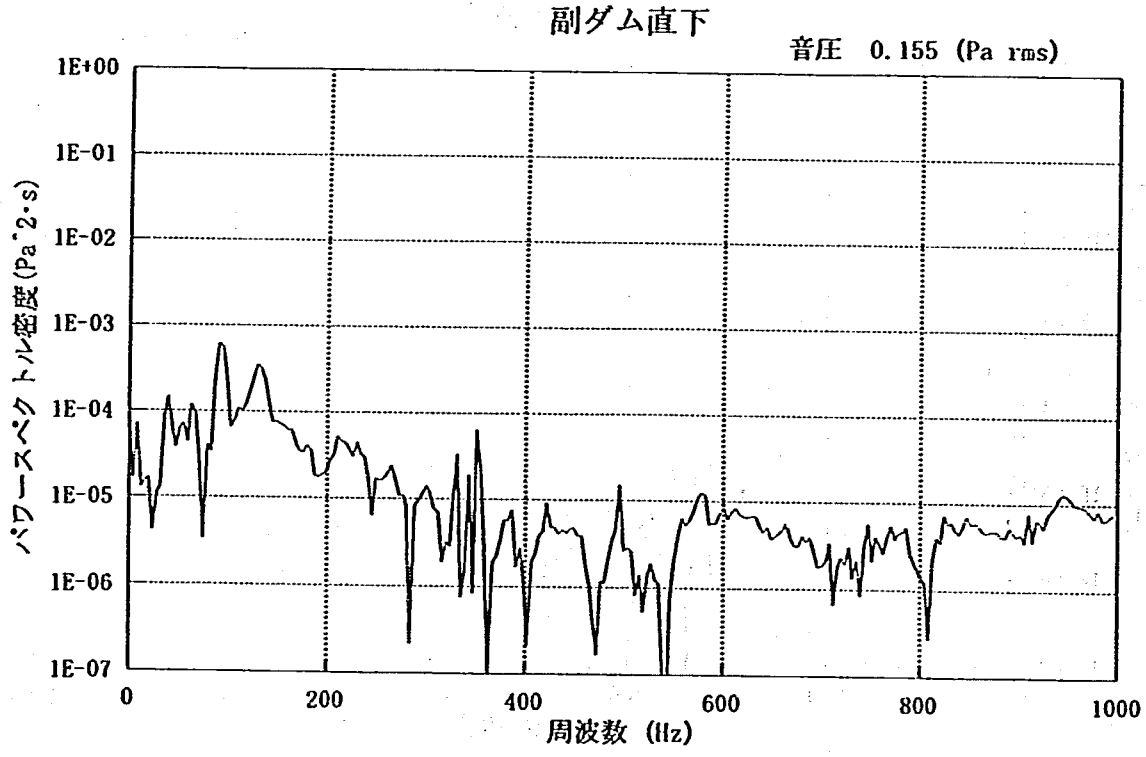




No.1-2-b
1/2模型 副ダム原形状
D=43.5cm, h1=1.5cm, Z=1.25m
Q=8.14L/s
暗騒音補正後

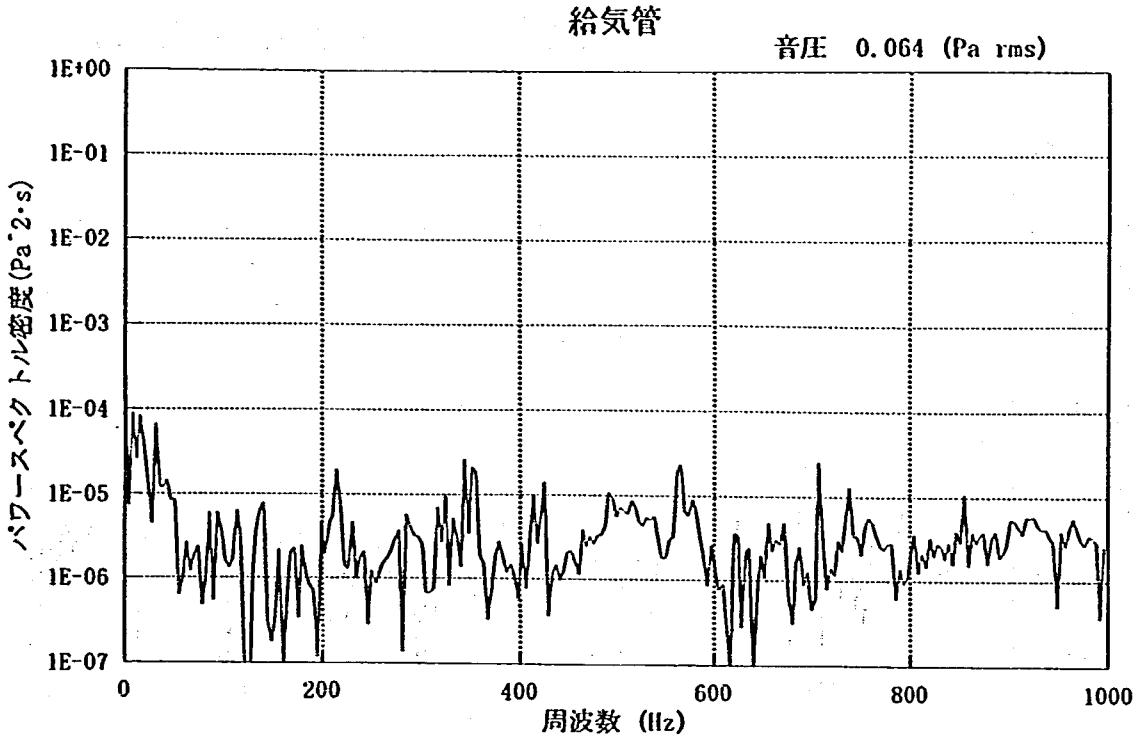
付図−6.35　圧力のパワースペクトル密度

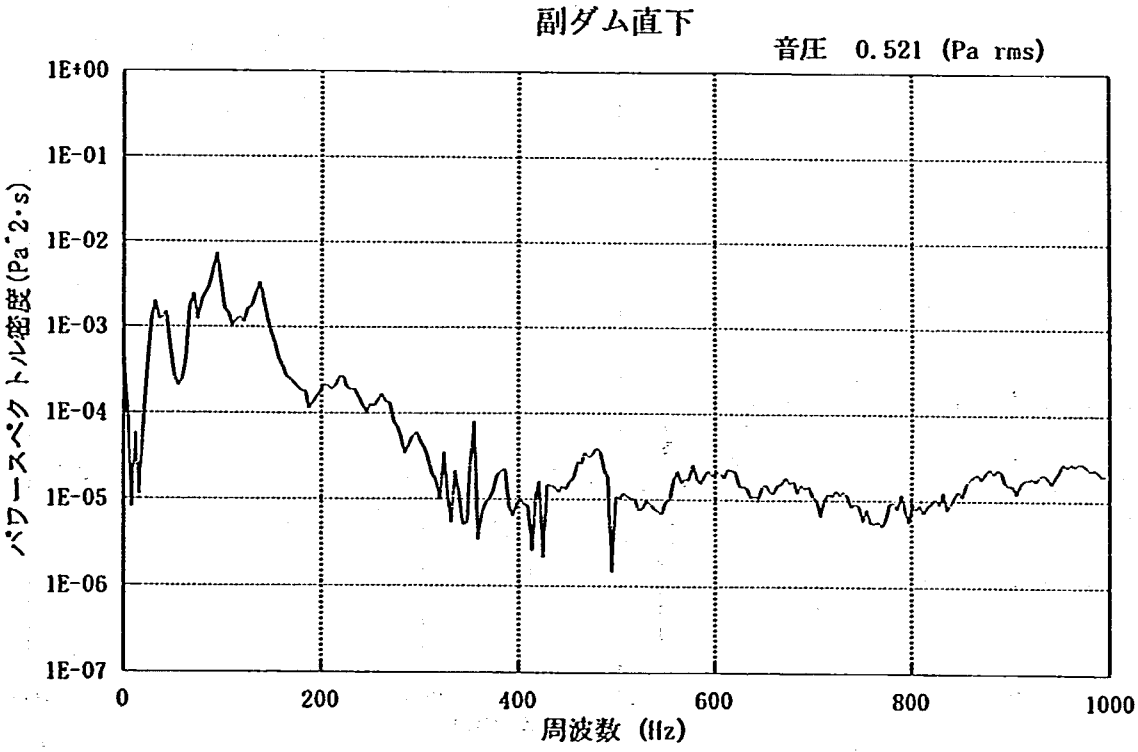




No.1-3-b
1/2模型 副ダム原形状
D=43.5cm, h1=1.5cm, Z=1.0m
Q=6.24L/s
暗騒音補正後

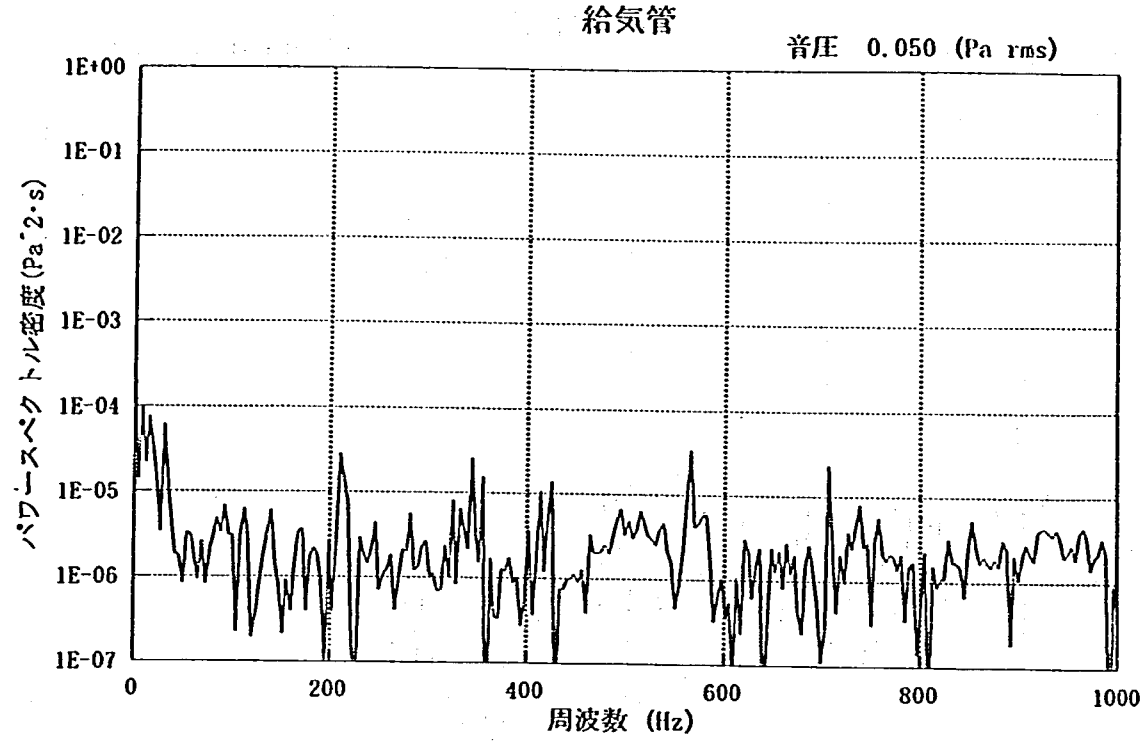
付図−6.36　圧力のパワースペクトル密度

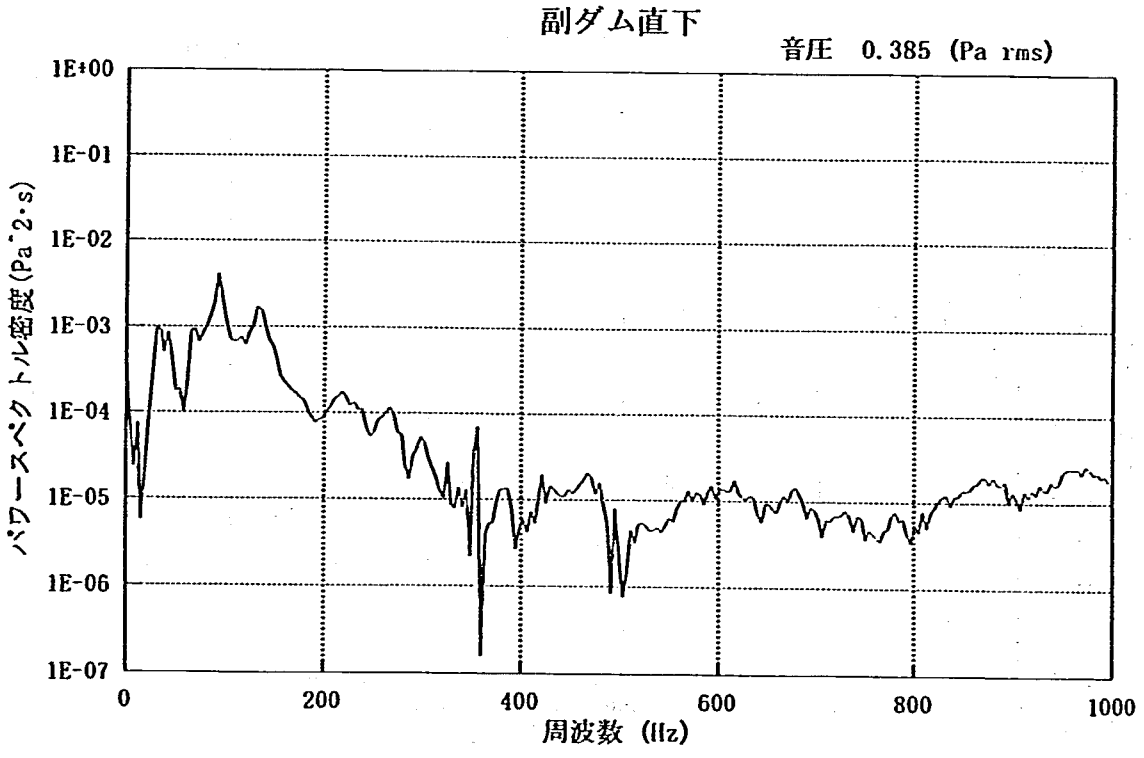




No.1-4-b
1/2模型 副ダム原形状
D=43.5cm, h1=2cm, Z=1.5m
Q=13.26L/s
暗騒音補正後

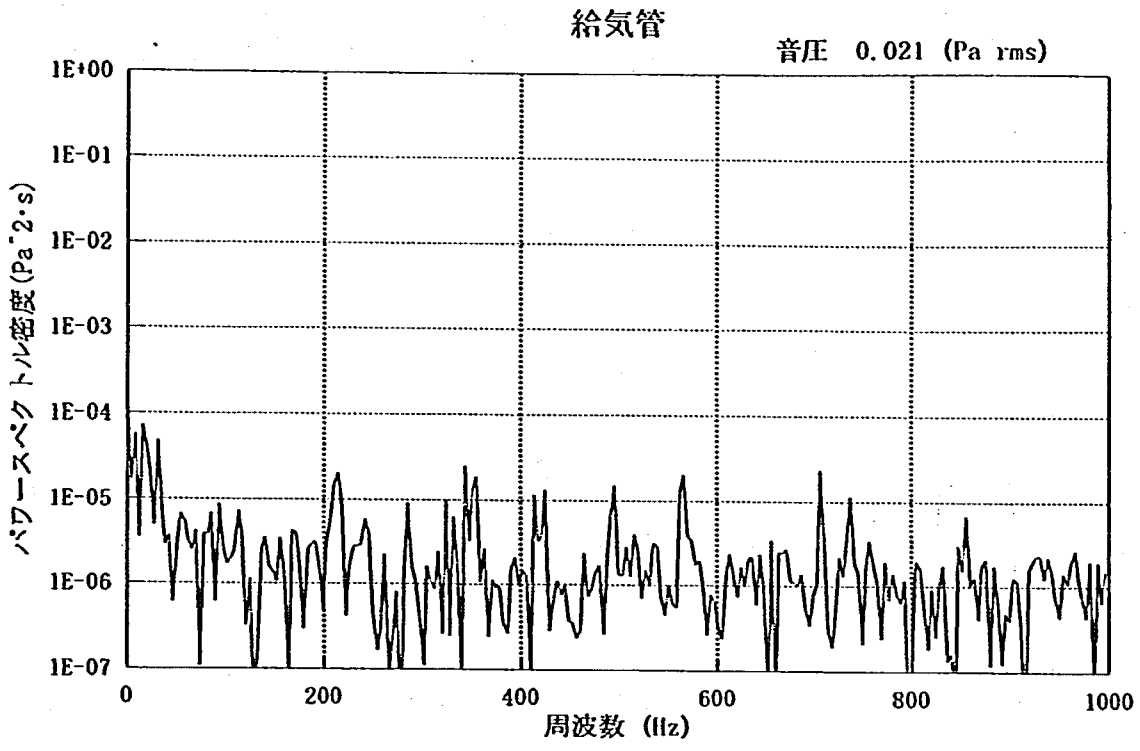
付図－6.37　圧力のパワースペクトル密度

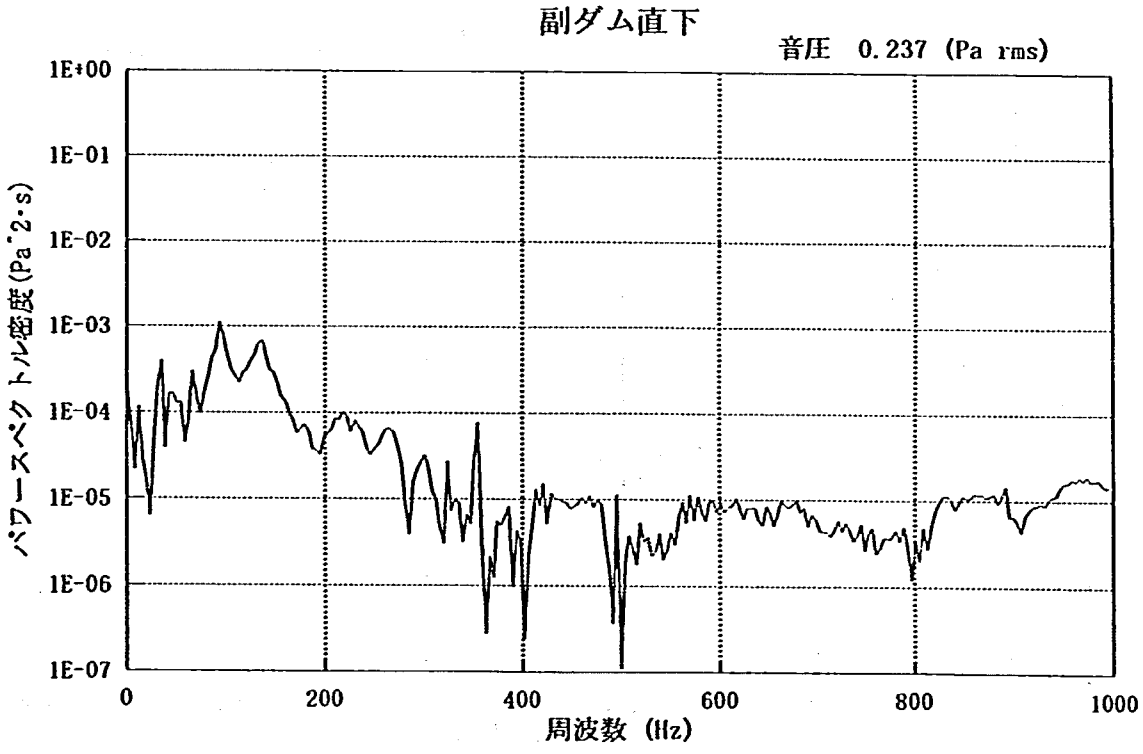




No.1-5-b
1/2模型 副ダム原形状
D=43.5cm, h1=2cm, Z=1.25m
Q=11.04L/s
暗騒音補正後

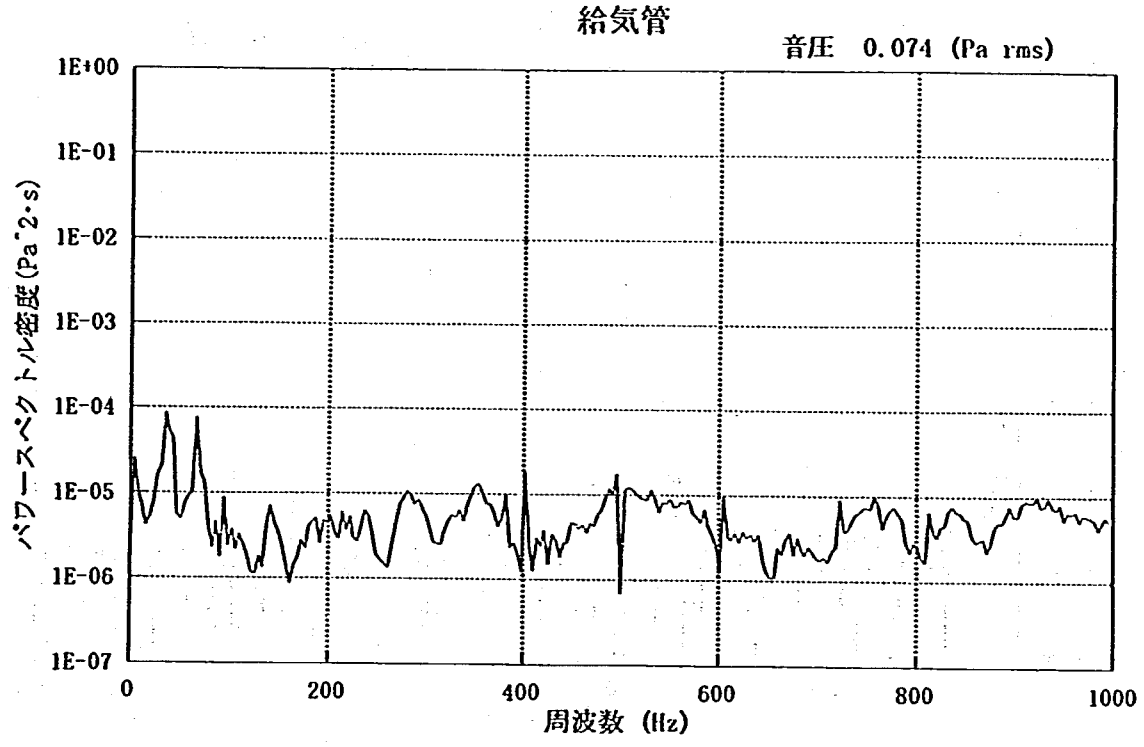
付図−6.38　圧力のパワースペクトル密度

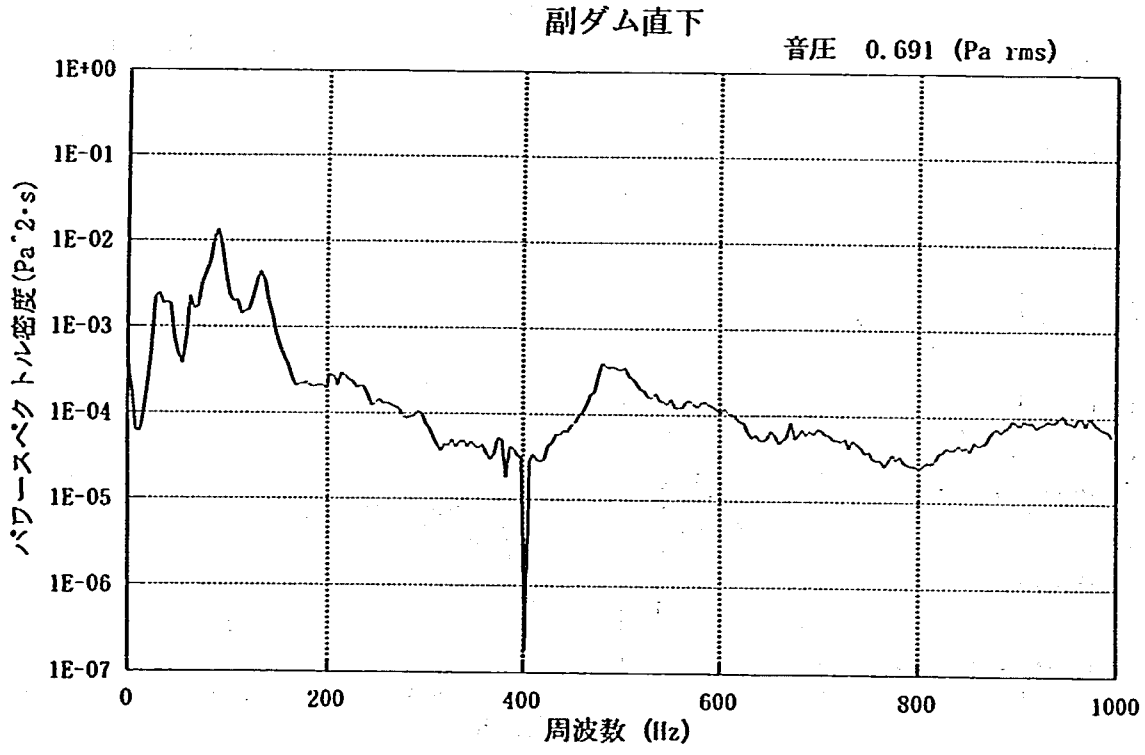




No.1-6-b
1/2模型 副ダム原形状
D=43.5cm, h1=2cm, Z=1.0m
Q=8.26L/s
暗騒音補正後

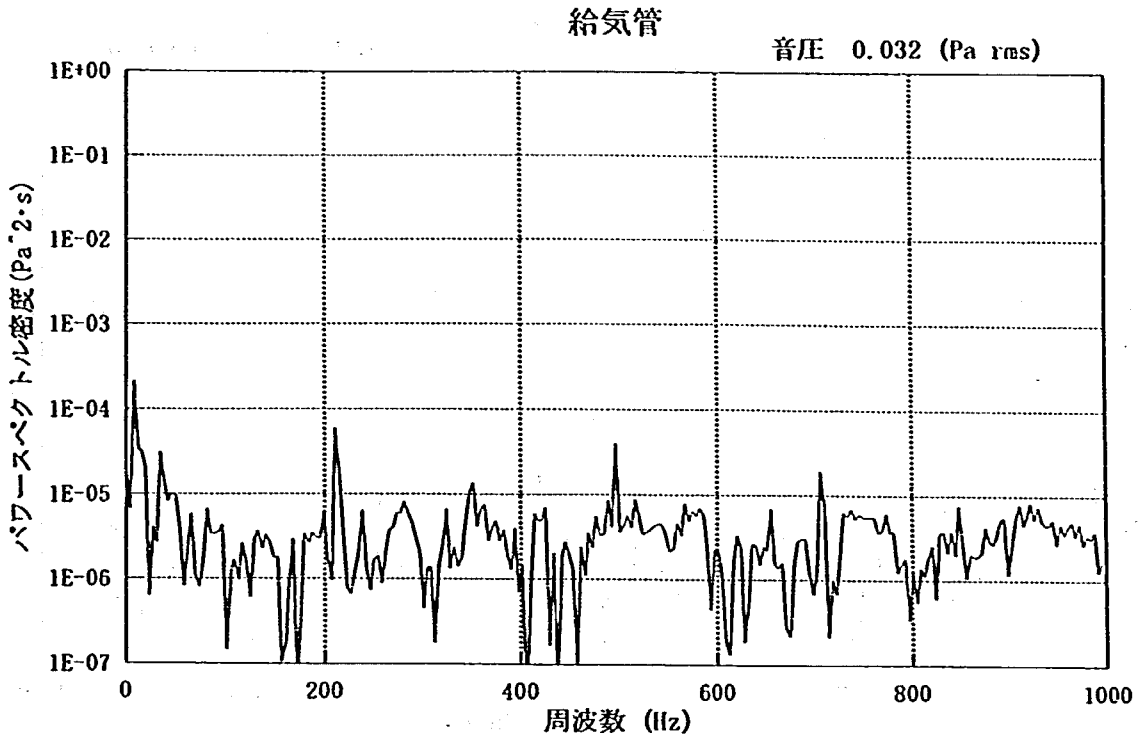
付図－6.39　圧力のパワースペクトル密度

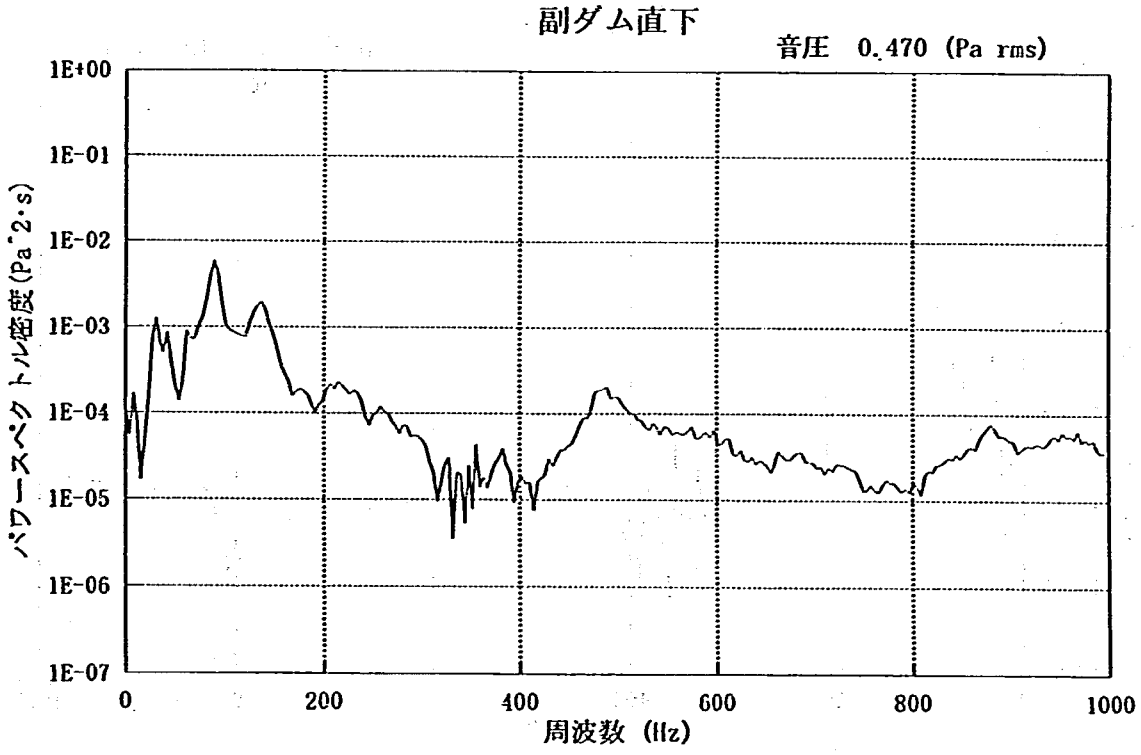




No.1-7-b
1/2模型 副ダム原形状
D=43.5cm, h1=3cm, Z=1.5m
Q=20.08L/s
暗騒音補正後

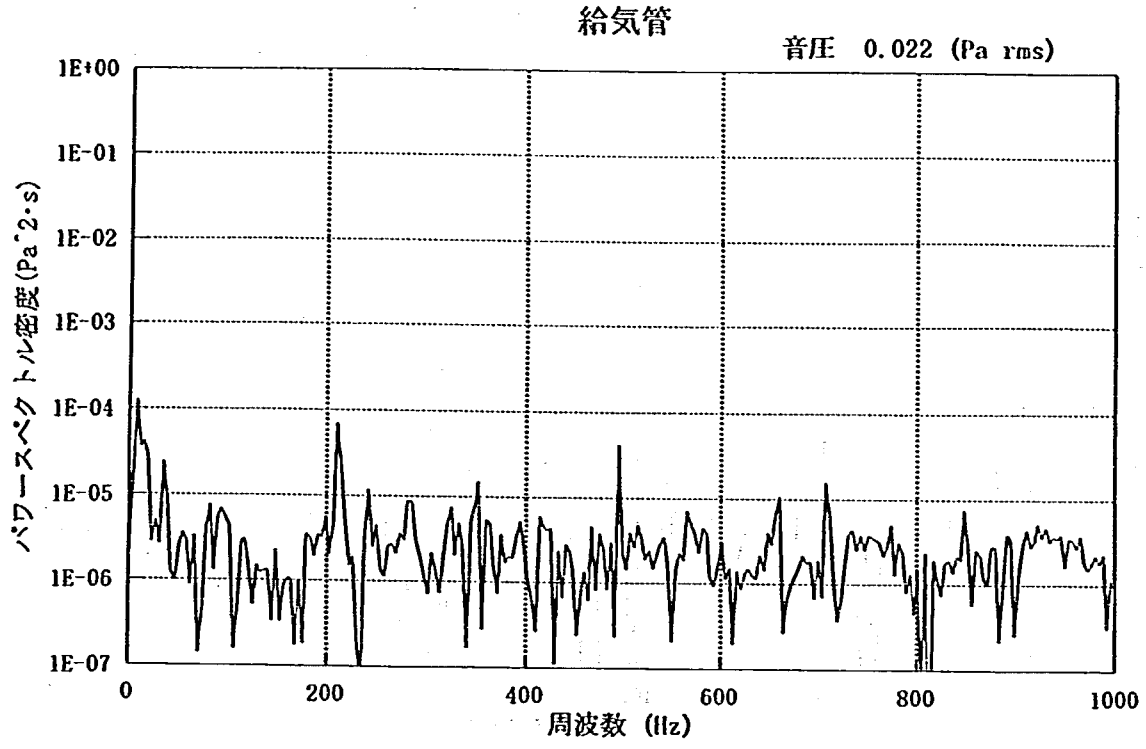
付図−6.40　圧力のパワースペクトル密度

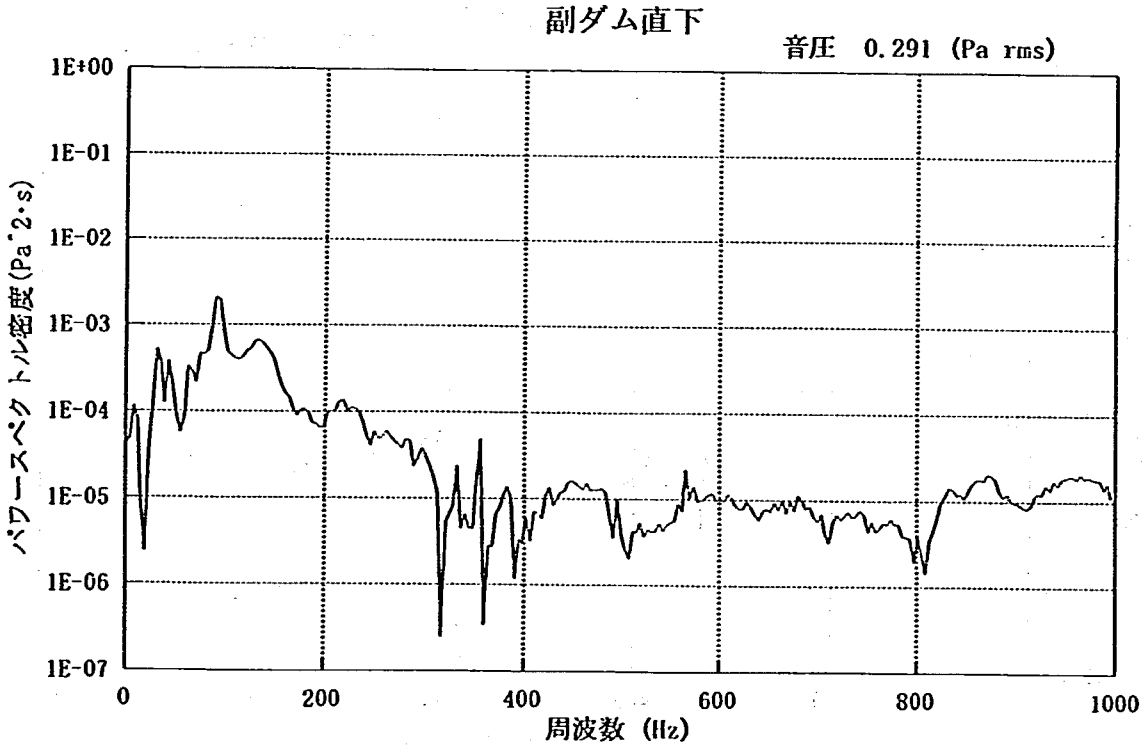




No.1-8-b
1/2模型 副ダム原形状
D=43.5cm, h1=3cm, Z=1.25m
Q=15.70L/s
暗騒音補正後

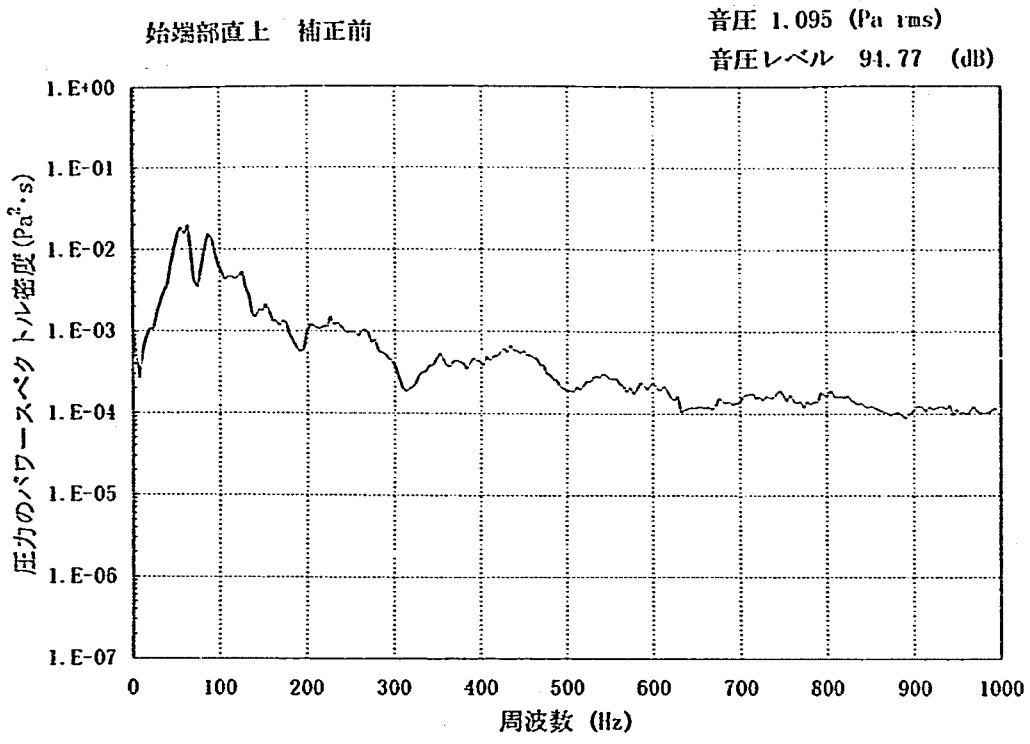
付図−6.41　圧力のパワースペクトル密度

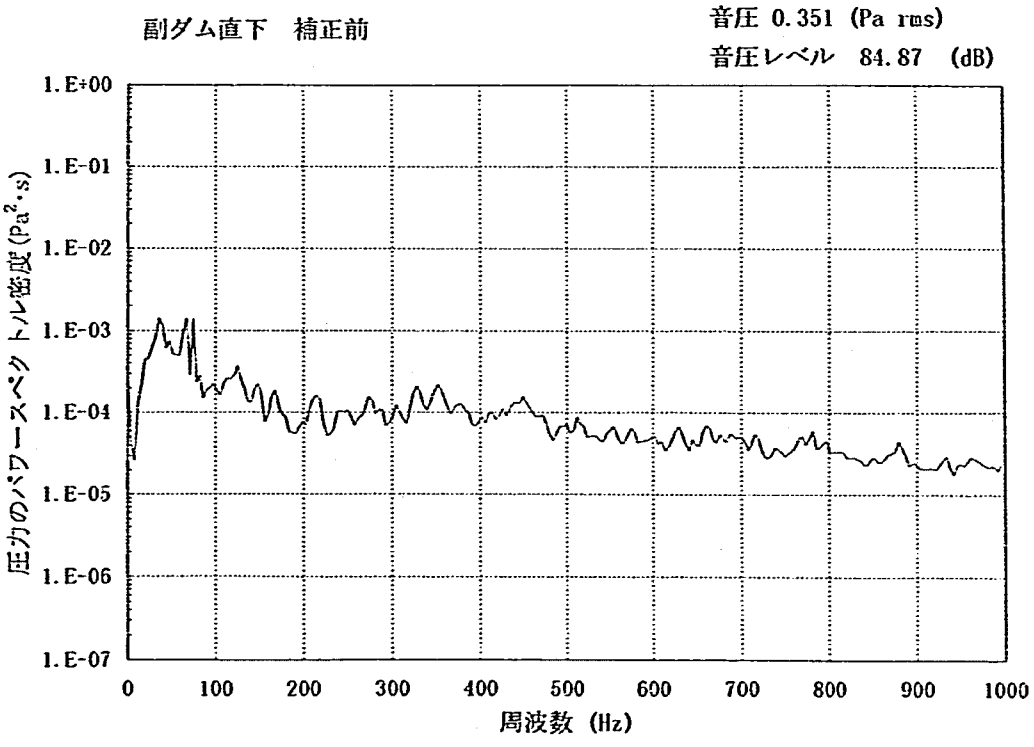




No.1-9-b
1/2模型 副ダム原形状
D=43.5cm, h1=3cm, Z=1.0m
Q=11.90L/s
暗騒音補正後

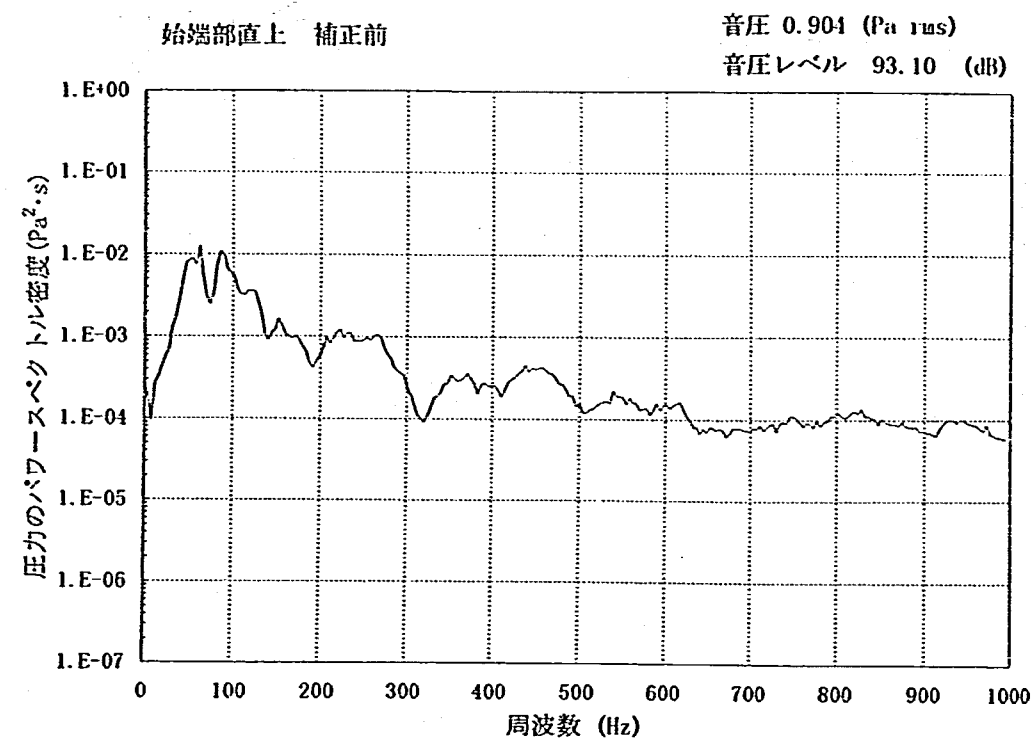
付図－6.42　圧力のパワースペクトル密度

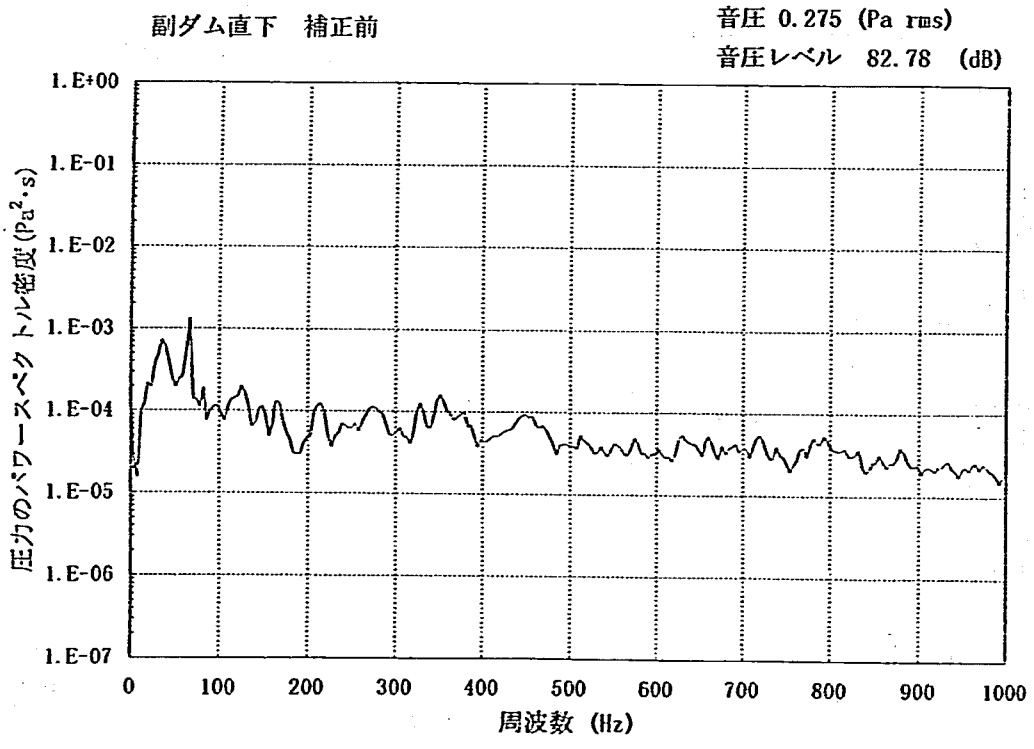




No.2-1-a(Data No.972)
1/1模型
天端なし　副ダム高 0.453m
吐出水脈厚　3.0 (cm)
作用水頭　Z=3.00 (m)
流量　　Q= 28.2 (L/s)

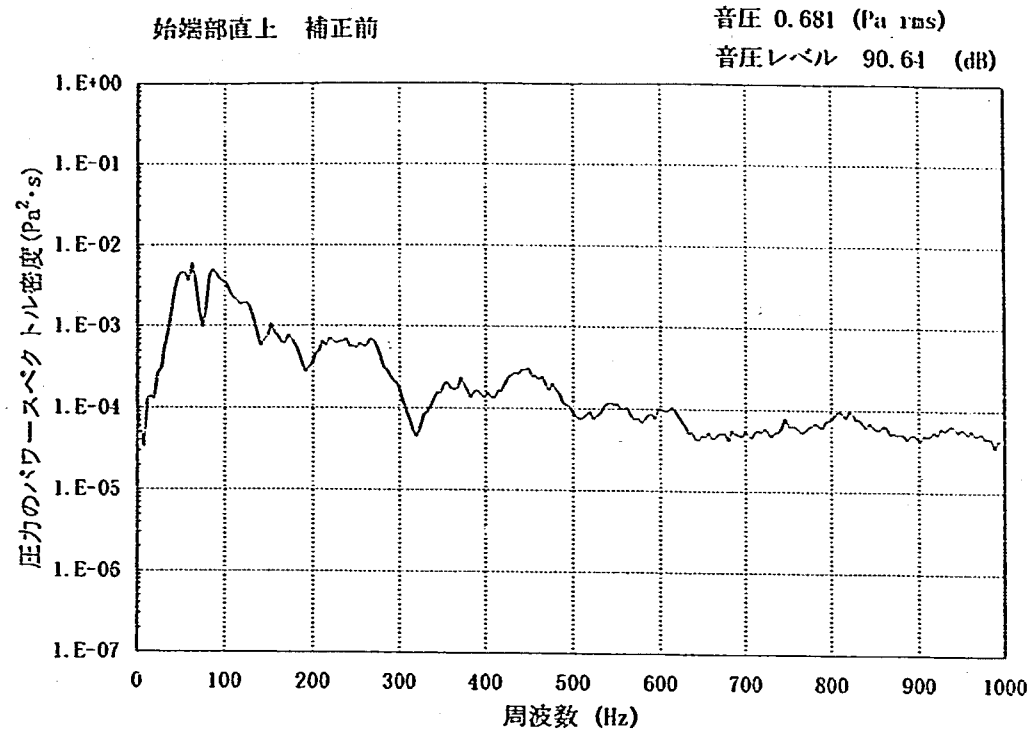
付図－6.43　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）

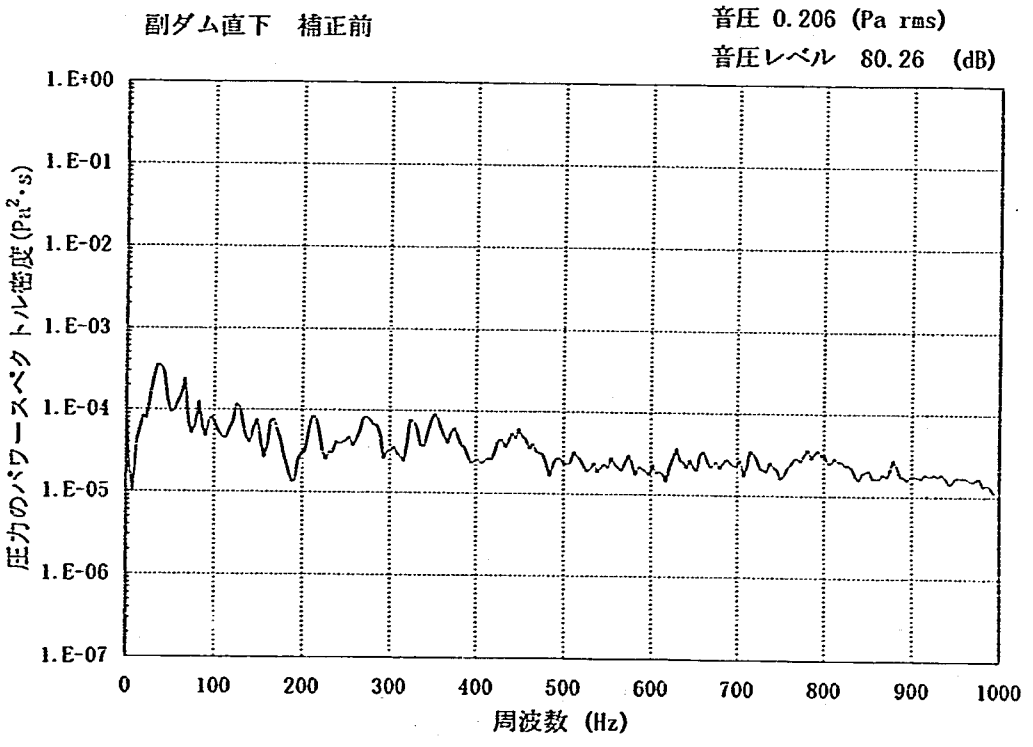




No.2-2-a(Data No.973)
1/1模型
天端なし　副ダム高 0.453m
吐出水脈厚　3.0 (cm)
作用水頭　Z=2.50 (m)
流量　Q= 23.4 (L/s)

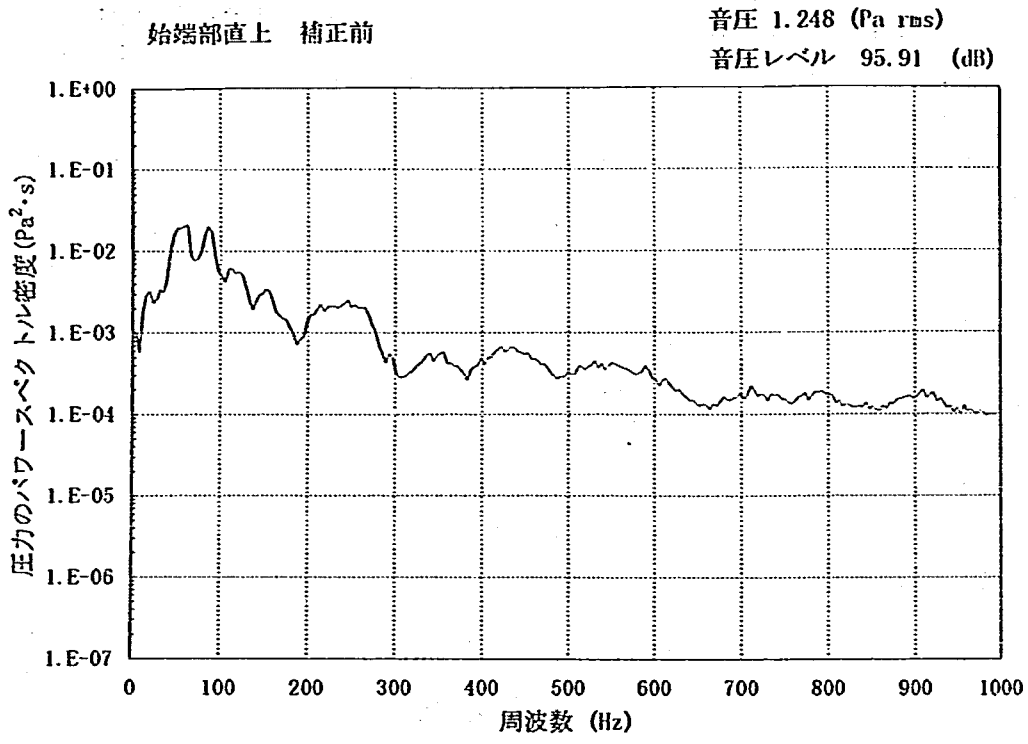
付図－6.44　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）

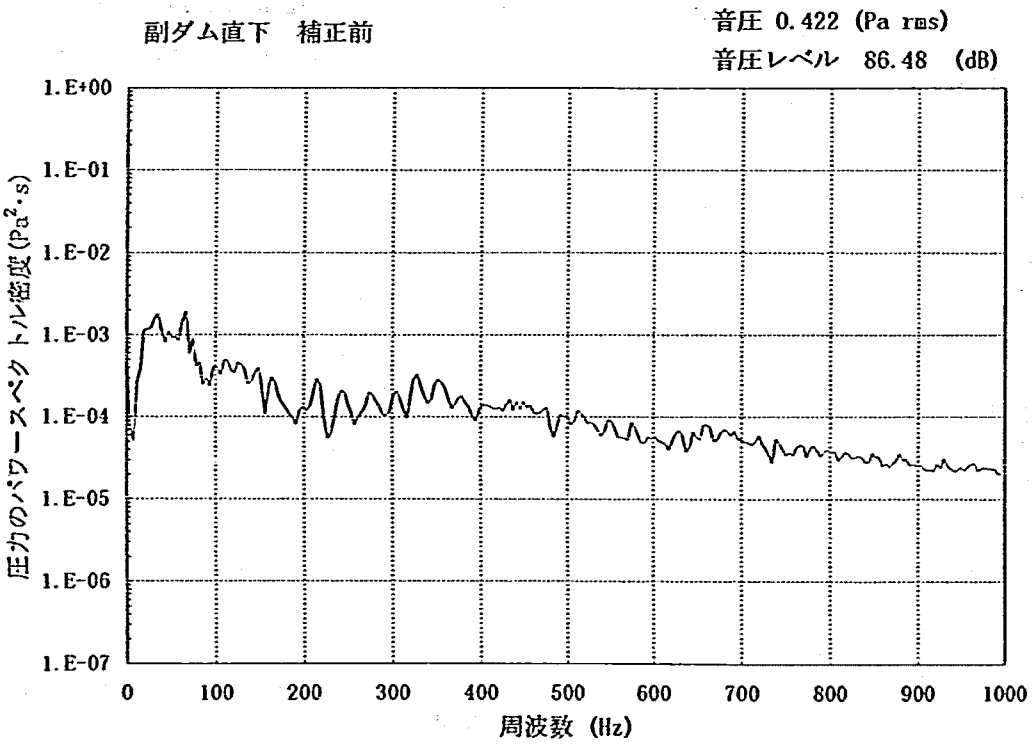




No.2-3-a(Data No.974)
1/1模型
天端なし　副ダム高 0.453m
吐出水脈厚　3.0 (cm)
作用水頭　Z=2.00 (m)
流量　　Q= 18.3 (L/s)

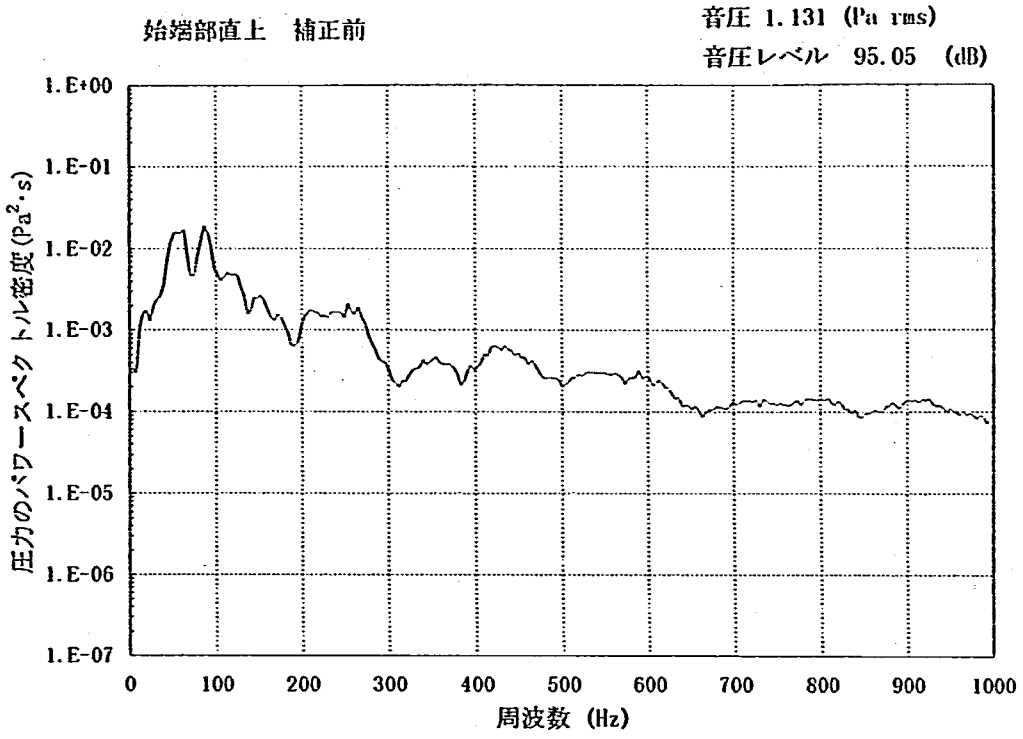
付図－6.45　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）

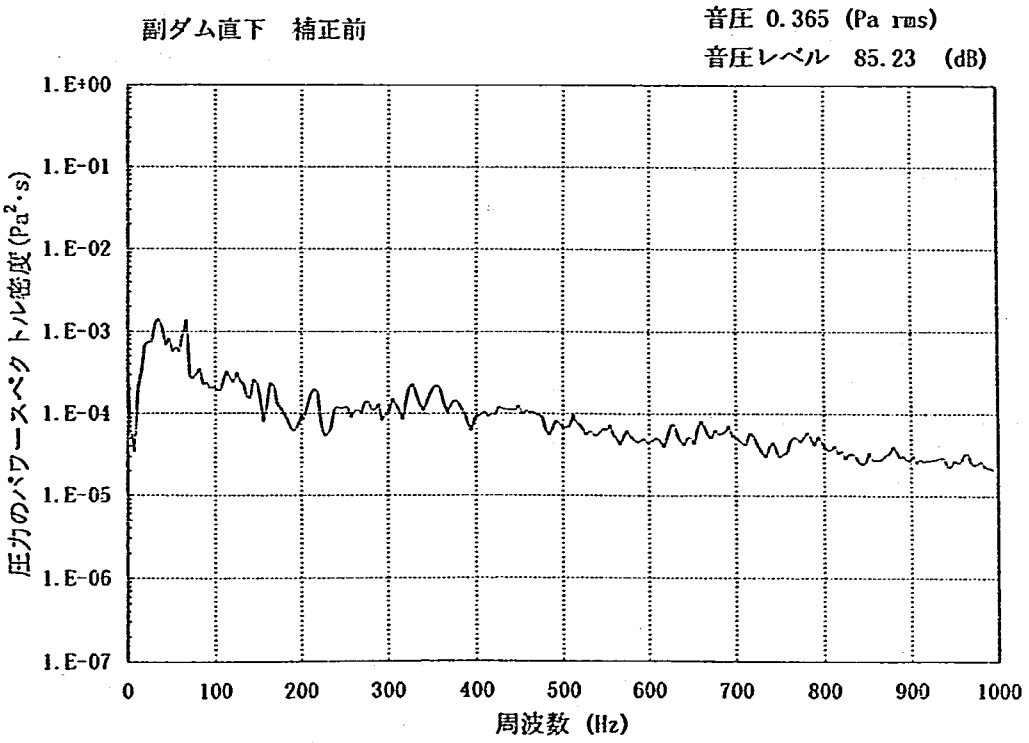




No.2-4-a(Data No.976)
1/1模型
天端なし　副ダム高 0.453m
吐出水脈厚　4.0 (cm)
作用水頭　Z=3.00 (m)
流量　　Q= 37.7 (L/s)

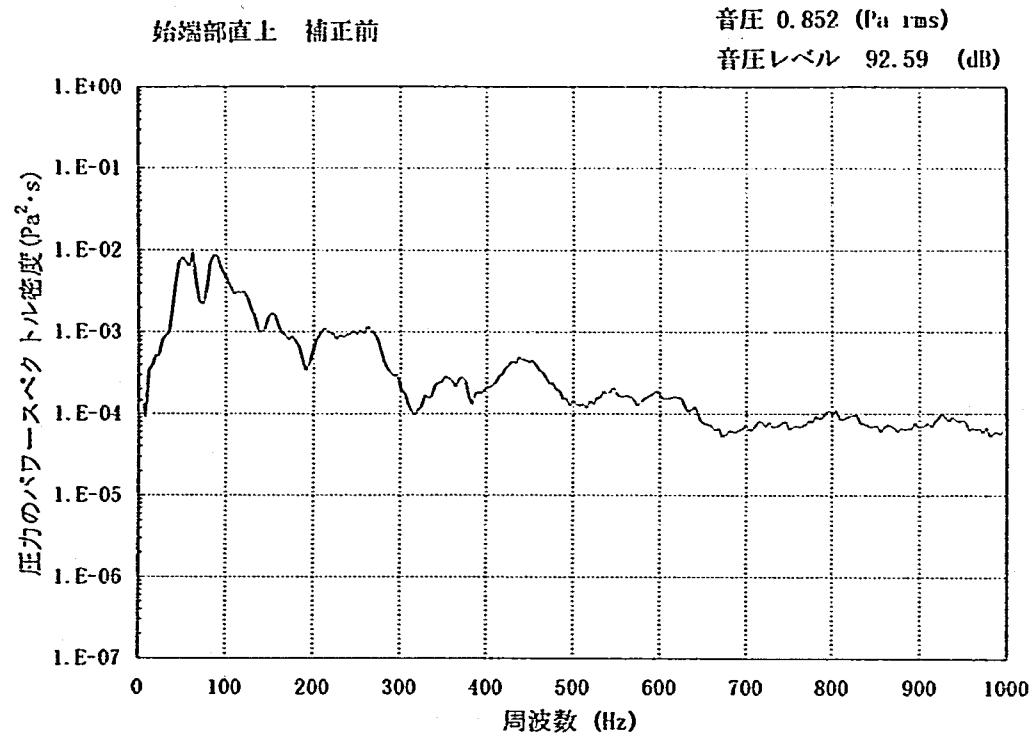
付図−6.46　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）

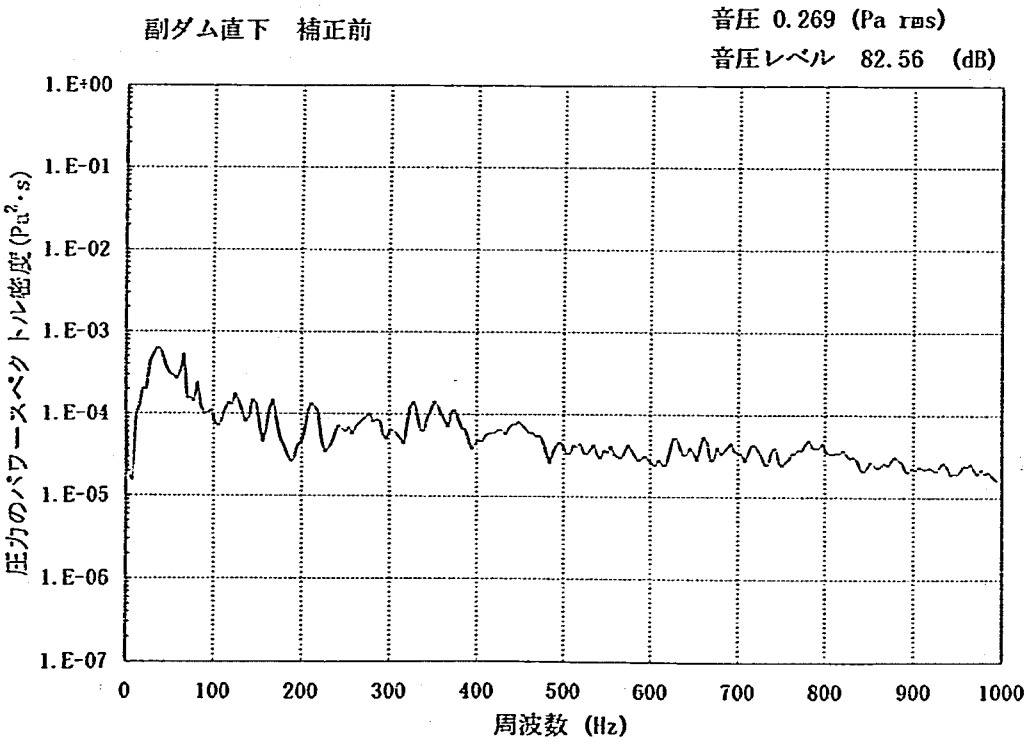




No.2-5-a(Data No.977)
1/1模型
天端なし　副ダム高 0.453m
吐出水脈厚　4.0 (cm)
作用水頭　Z=2.50 (m)
流量　　Q= 31.3 (L/s)

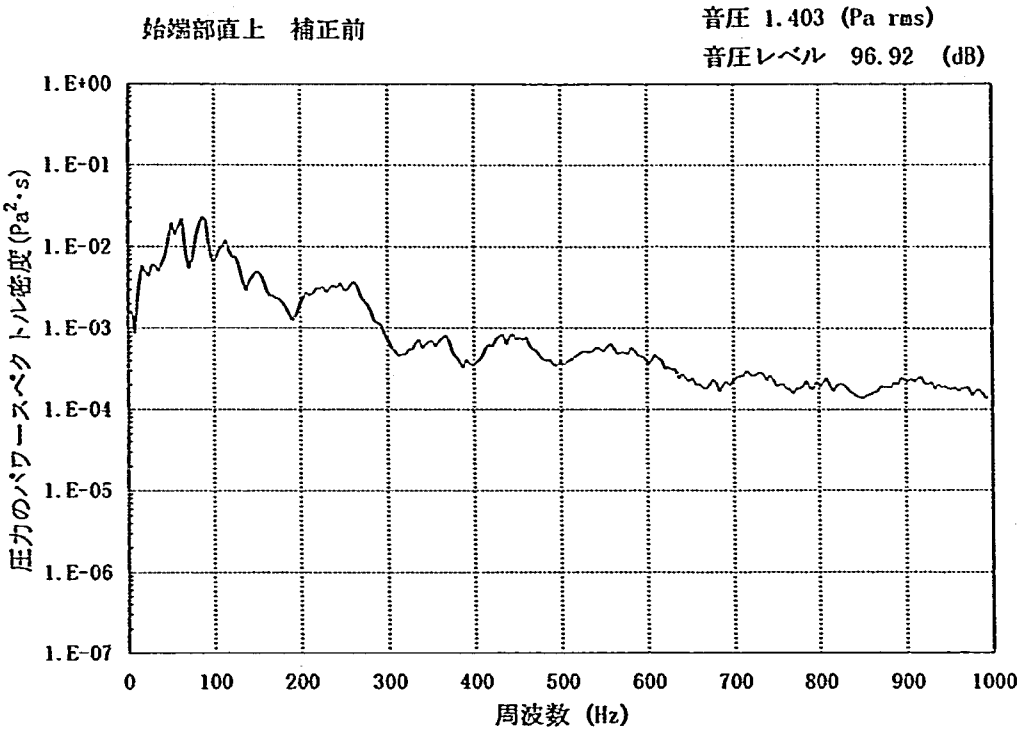
付図−6.47　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）

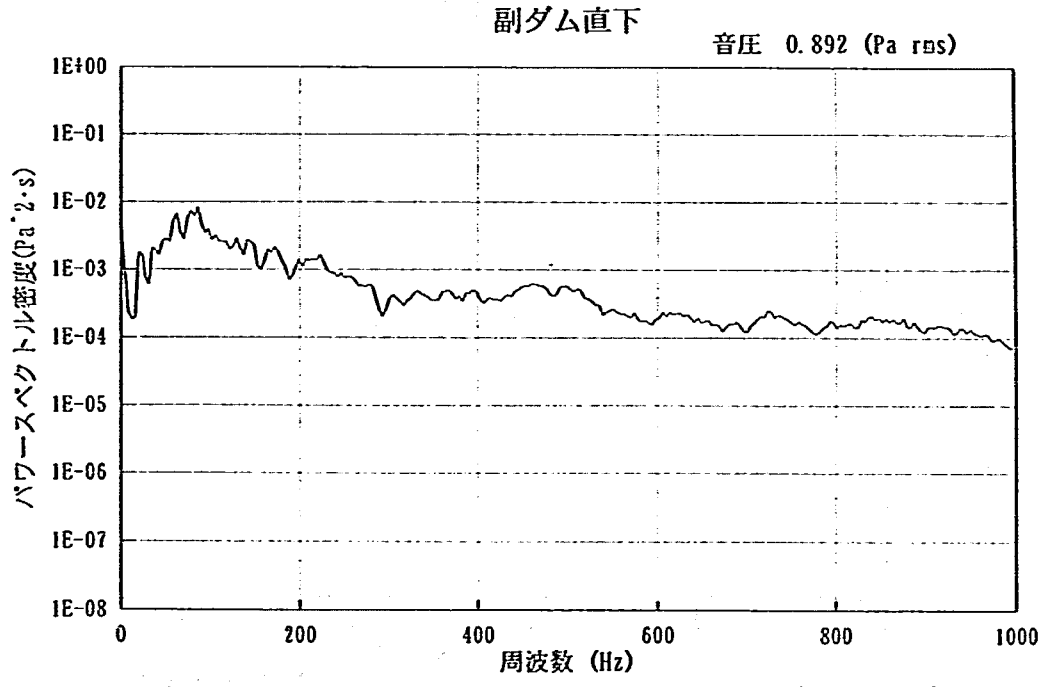




No.2-6-a(Data No.978)
1/1模型
天端なし　副ダム高 0.453m
吐出水脈厚　4.0 (cm)
作用水頭　Z=2.00 (m)
流量　　Q= 23.8 (L/s)

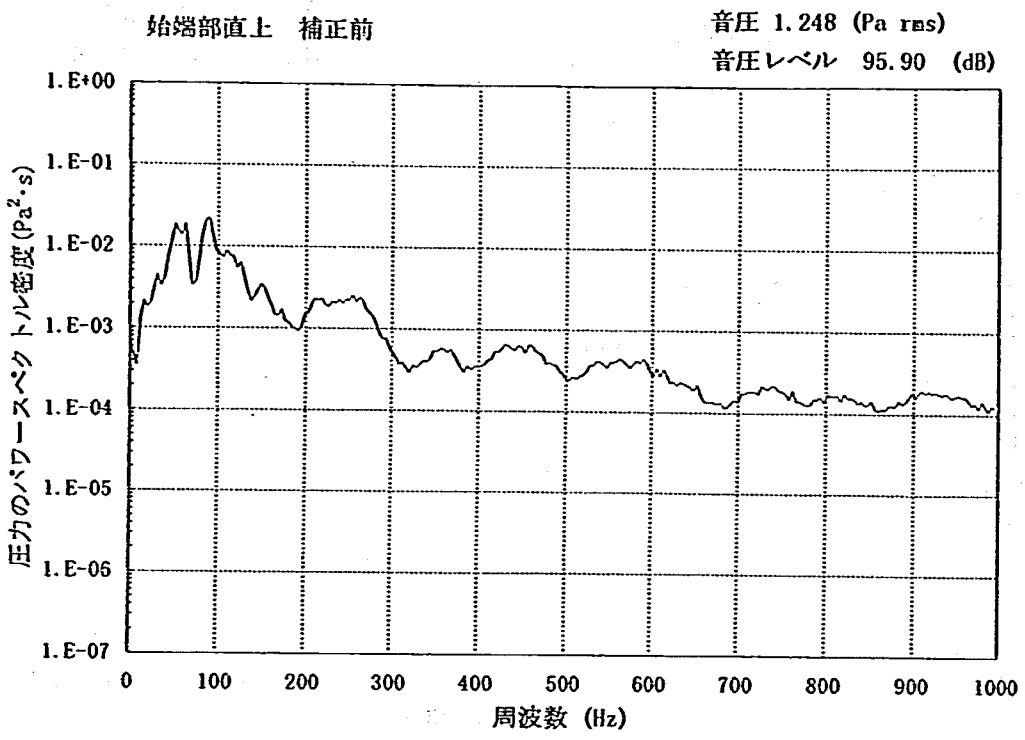
付図－6.48　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）

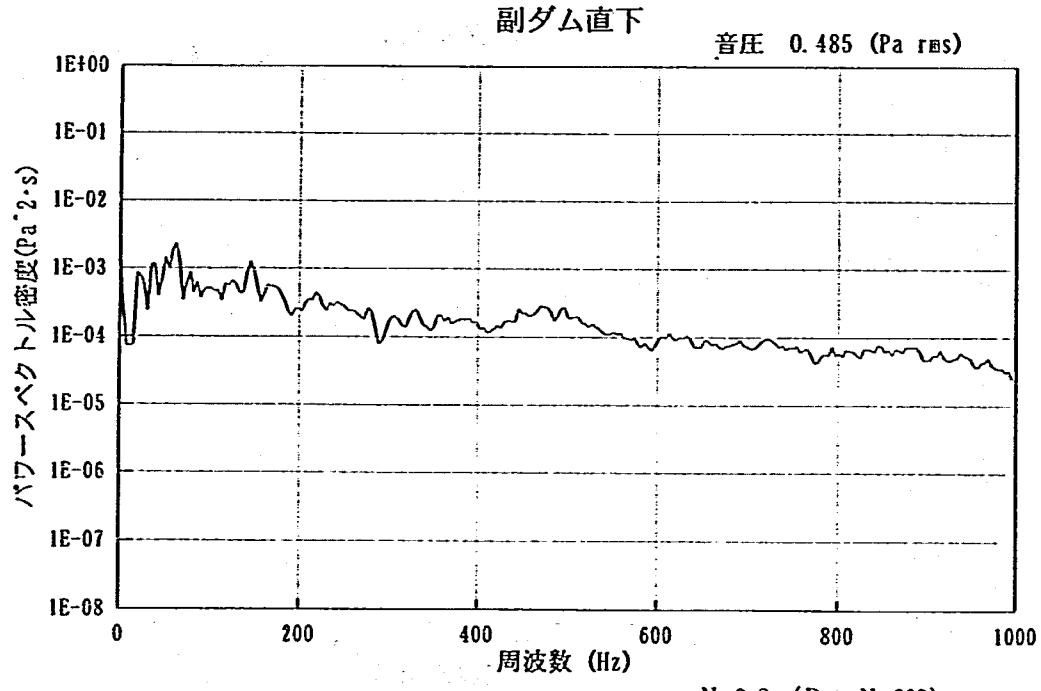




No.2-7-a(Data No.809)
1/1模型 副ダム原形状
h1=6cm, Z=3.0m, ふた無し
Q=63.52L/s
暗騒音補正後

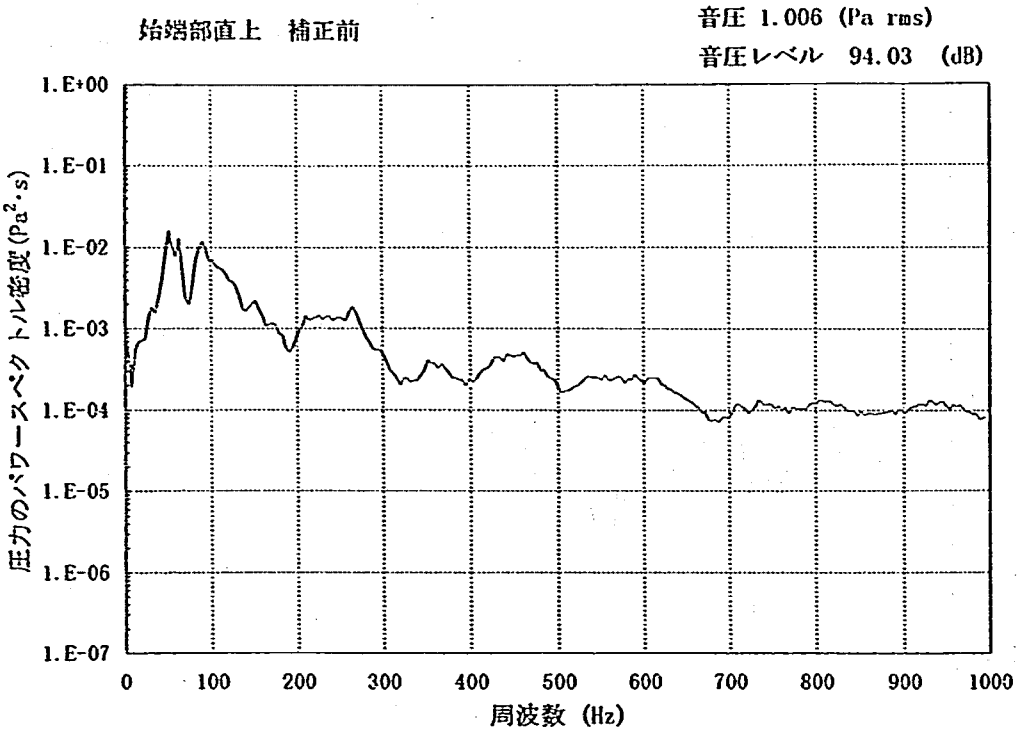
付図−6.49　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）

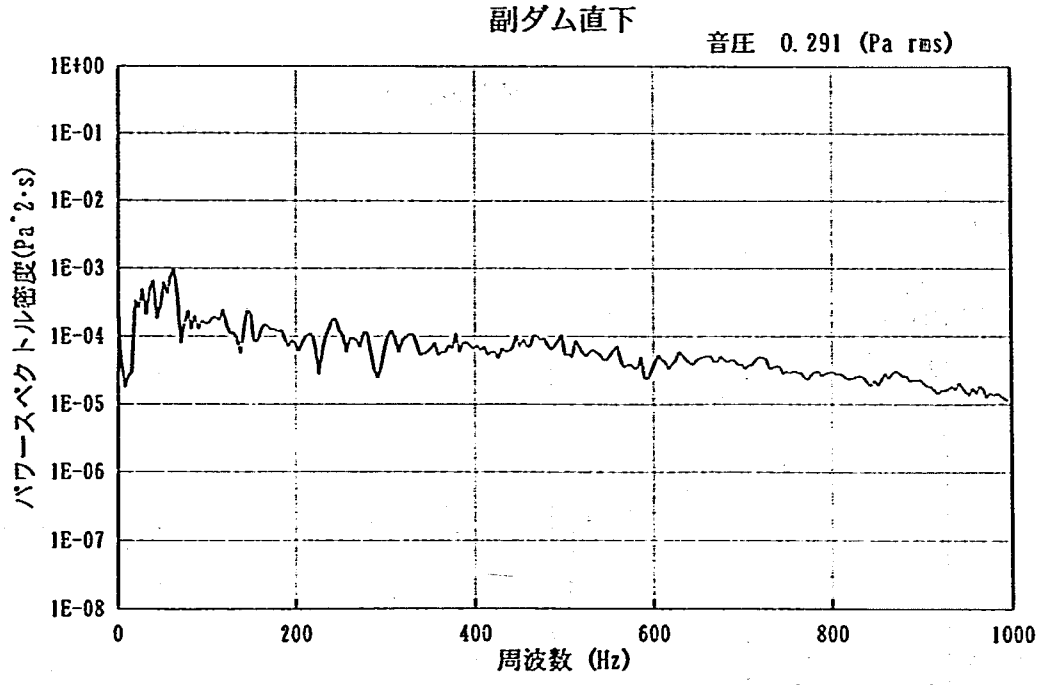




No.2-8-a(Data No.808)
1/1模型 副ダム原形状
h1=6cm, l=2.5m, ふた無し
Q=52.16L/s
暗騒音補正後

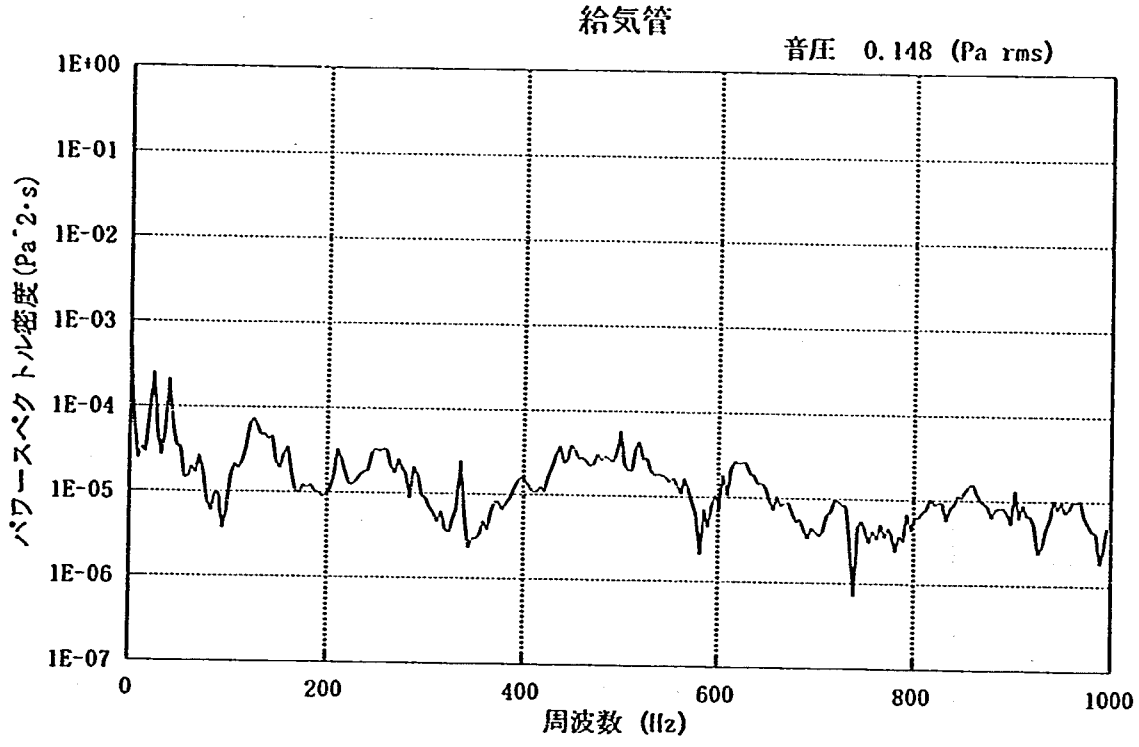
付図－6.50　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）

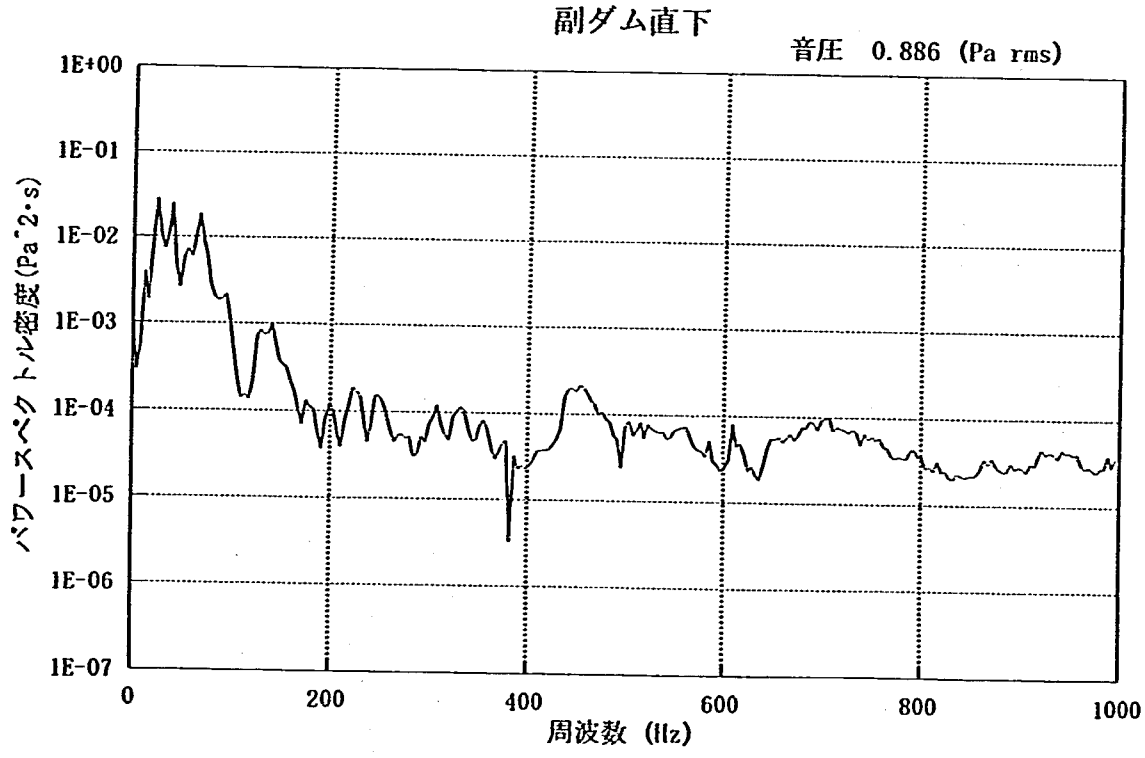




No.2-9-a(Data No.807)
1/1模型 副ダム原形状
h1=6cm, Z=2.0m, ふた無し
Q=39.28L/s
暗騒音補正後

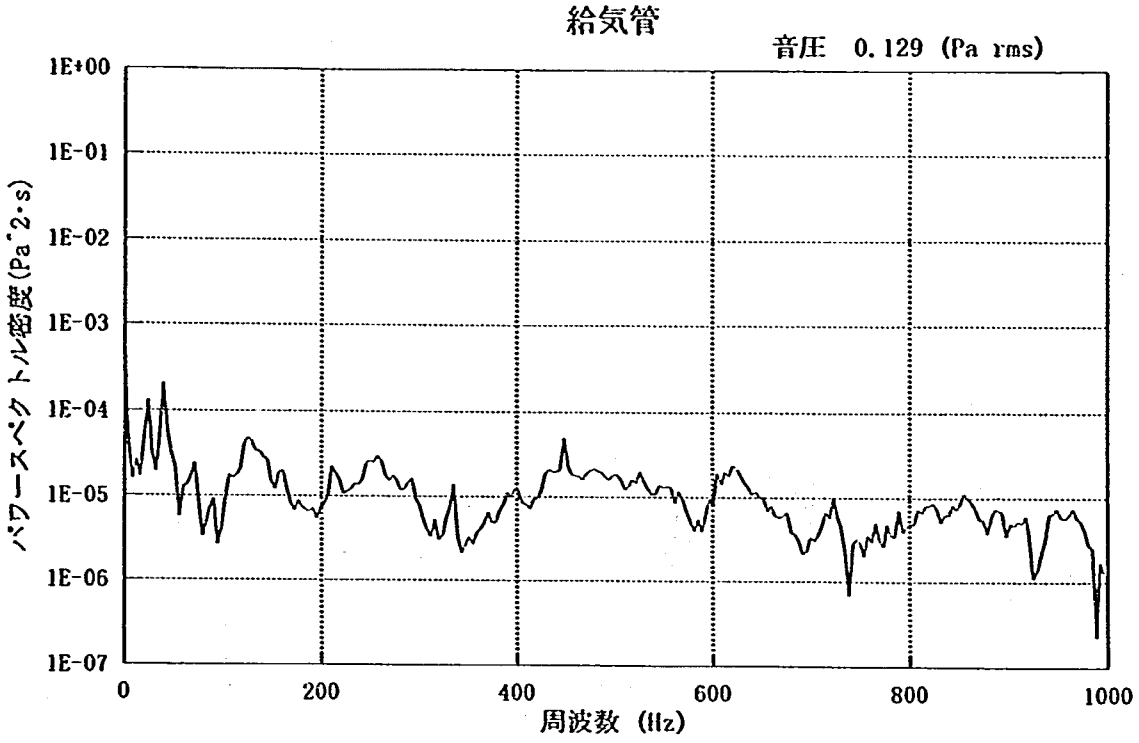
付図−6.51　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正前）

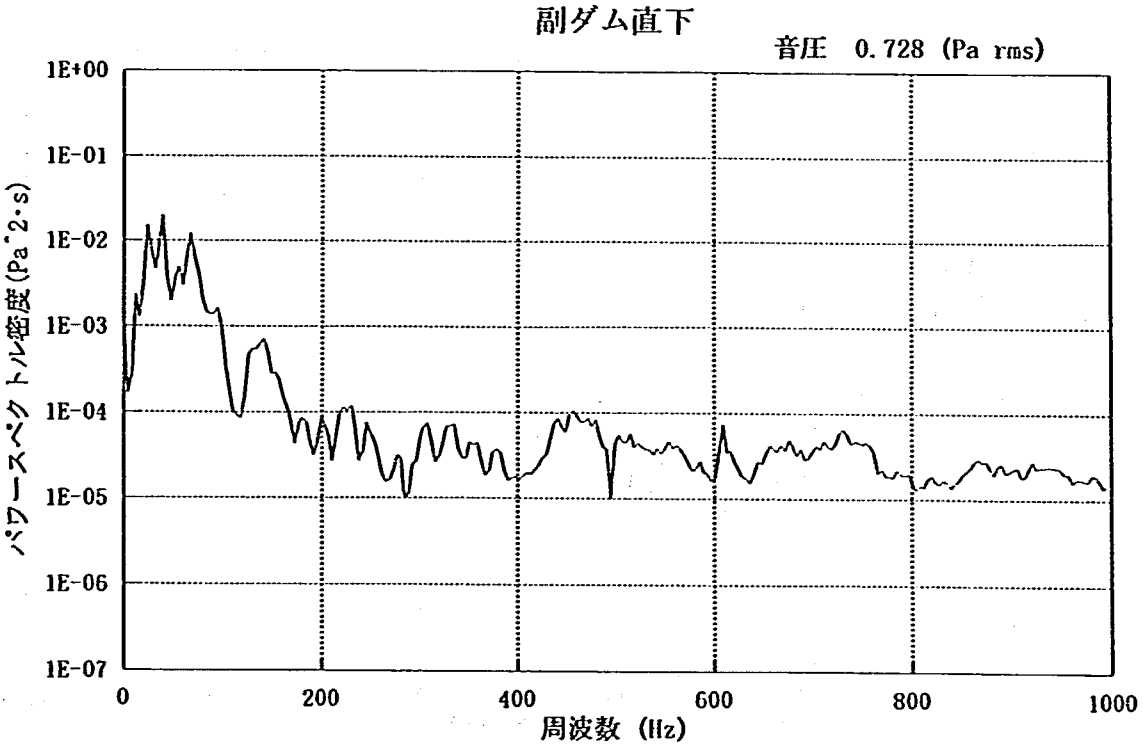




No.2-1-b
1/1模型 副ダム原形状
D=87cm, h1=3cm, Z=3.0m
Q=28.04L/s
暗騒音補正後

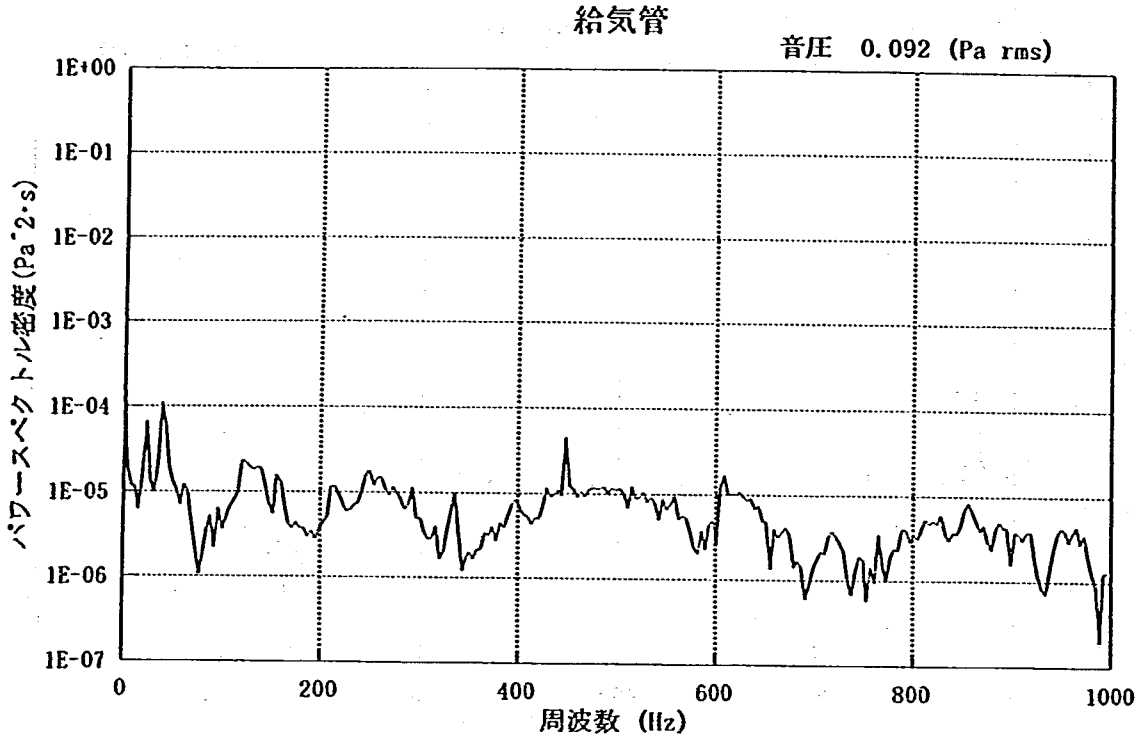
付図－6.52　圧力のパワースペクトル密度

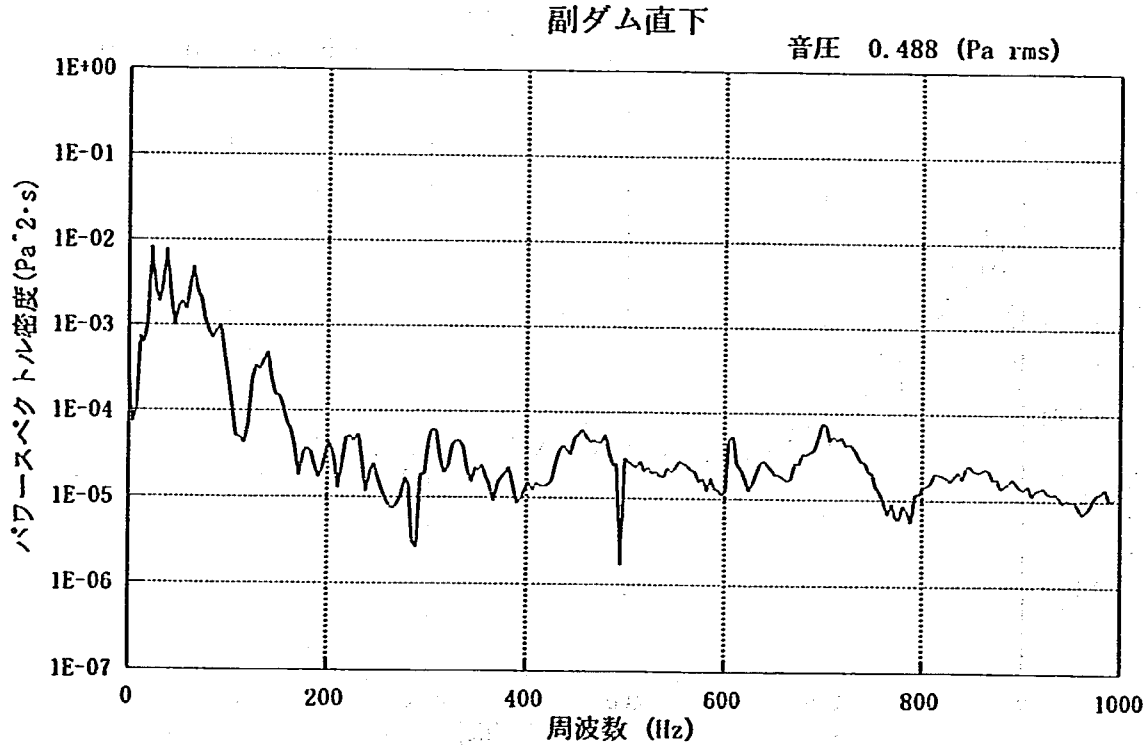




No.2-2-b
1/1模型 副ダム原形状
D=87cm, h1=3cm, Z=2.5m
Q=23.47L/s
暗騒音補正後

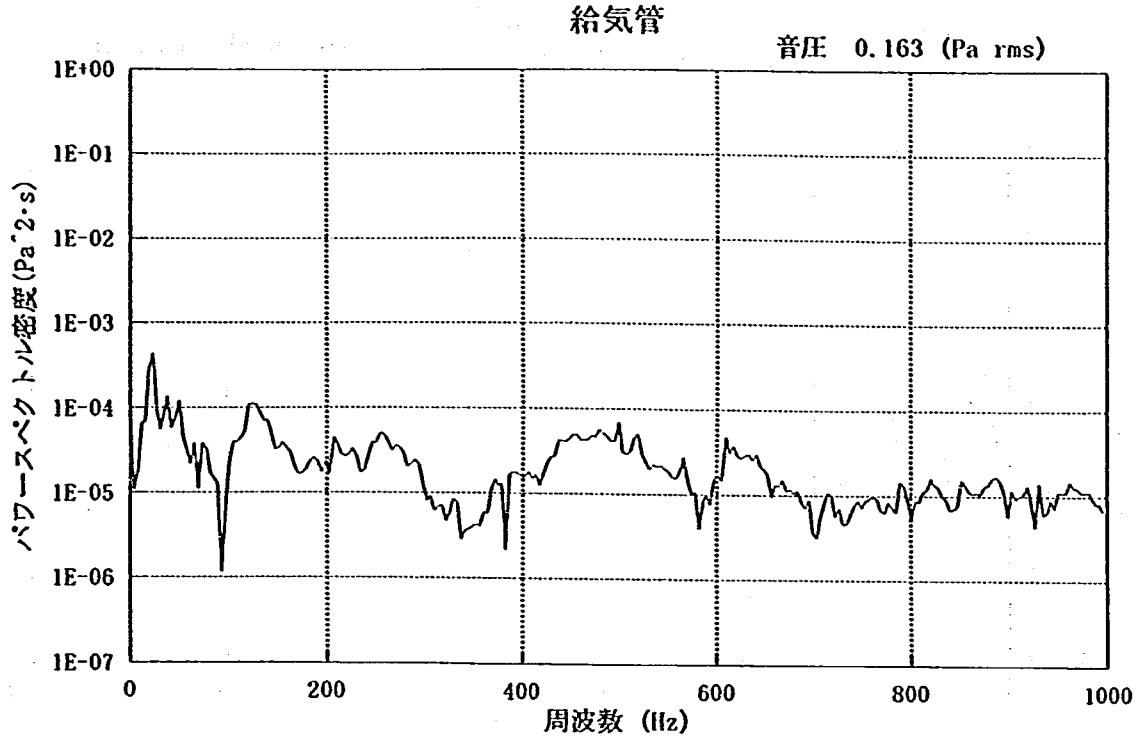
付図－6.53　圧力のパワースペクトル密度

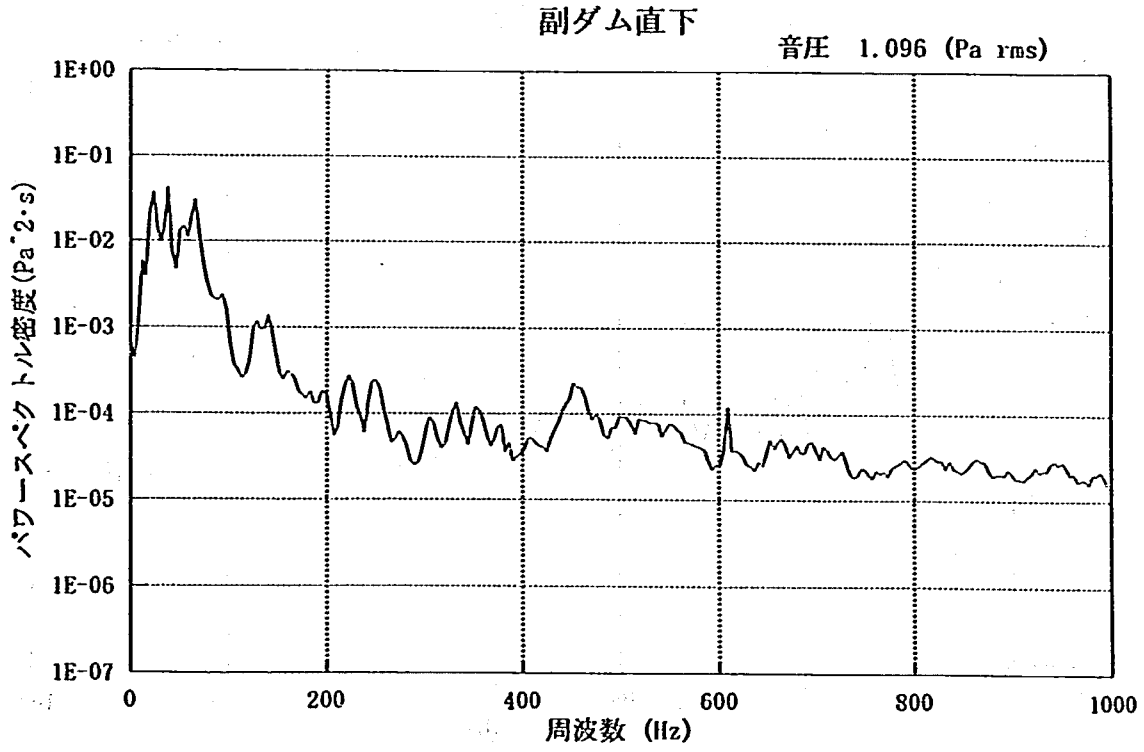




No.2-3-b
1/1模型 副ダム原形状
D=87cm, h1=3cm, Z=2.0m
Q=18.24L/s
暗騒音補正後

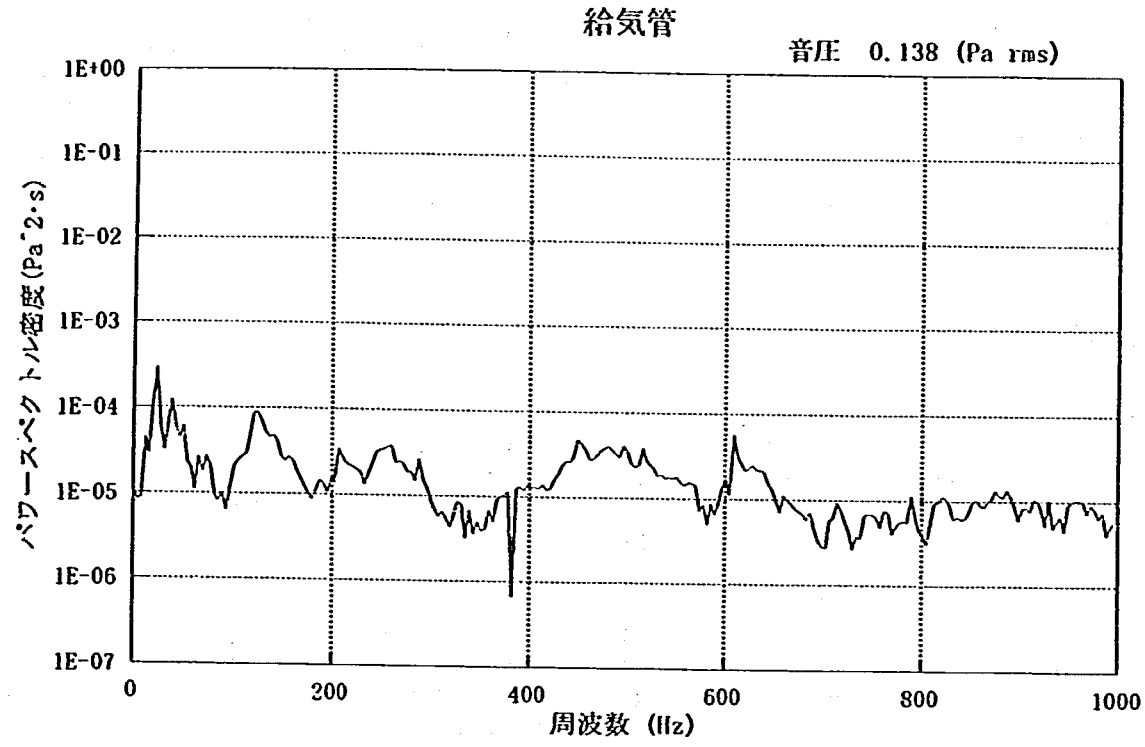
付図－6.54　圧力のパワースペクトル密度

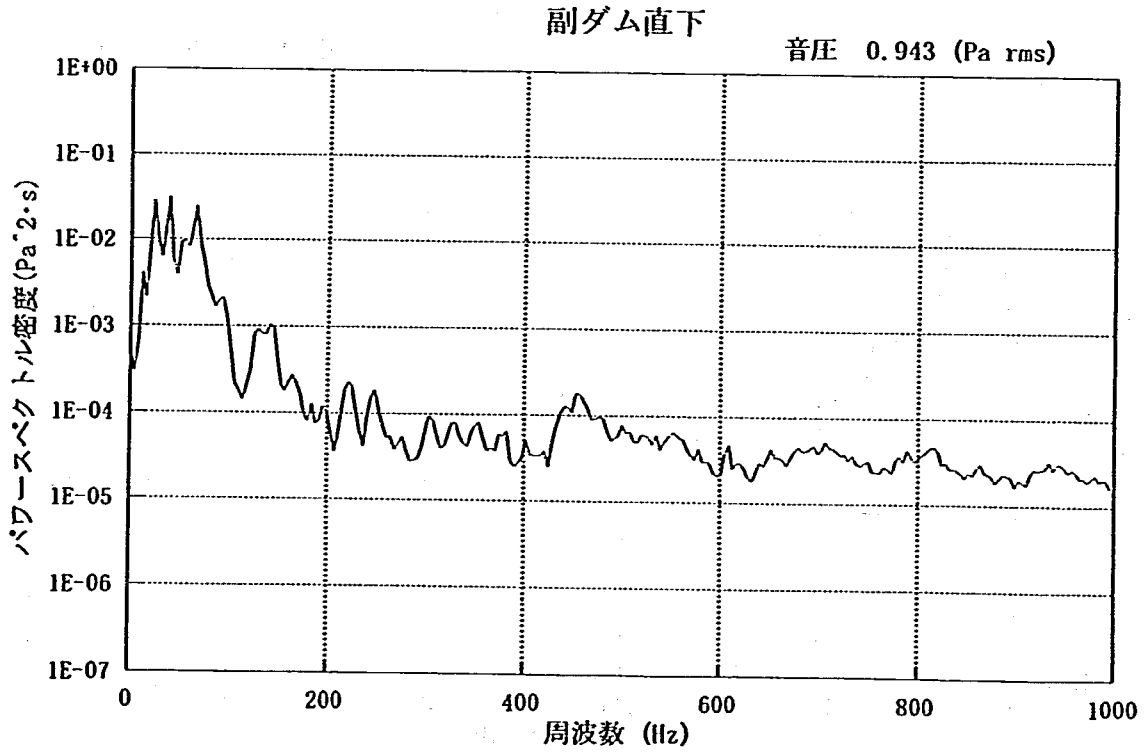




No.2-4-b
1/1模型 副ダム原形状
D=87cm, h1=4cm, Z=3.0m
Q=37.80L/s
暗騒音補正後

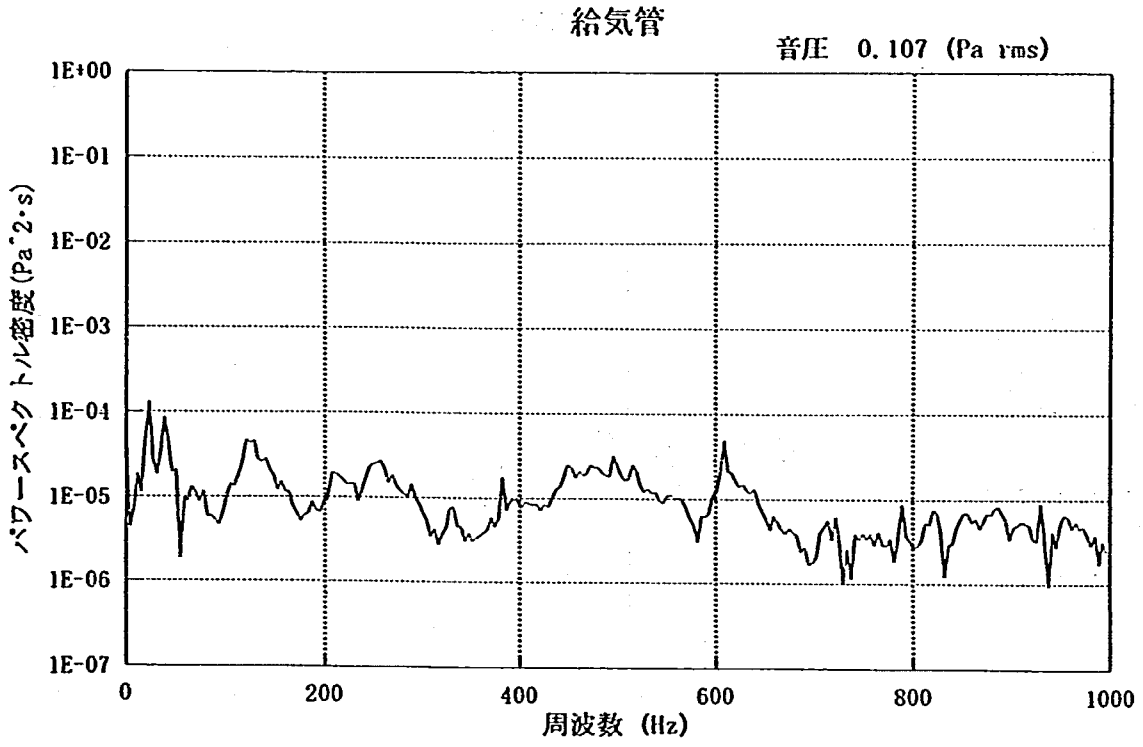
付図－6.55　圧力のパワースペクトル密度

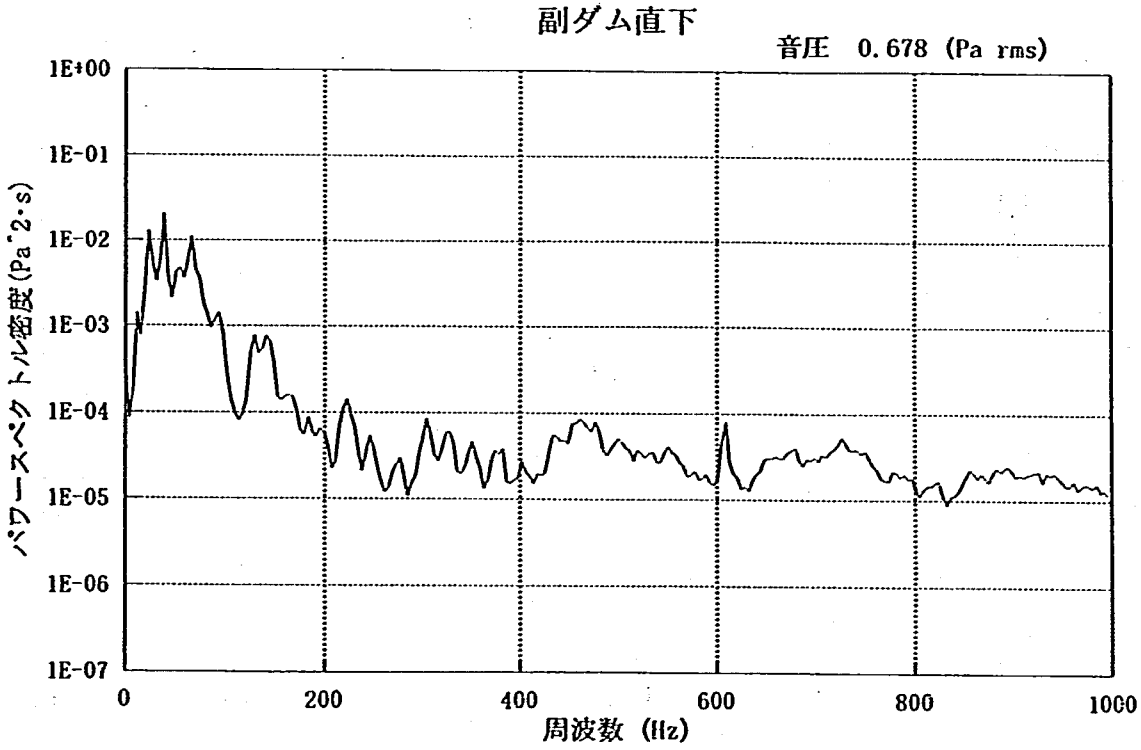




No.2-5-b
1/1模型 副ダム原形状
D=87cm, h1=4cm, Z=2.5m
Q=31.36L/s
暗騒音補正後

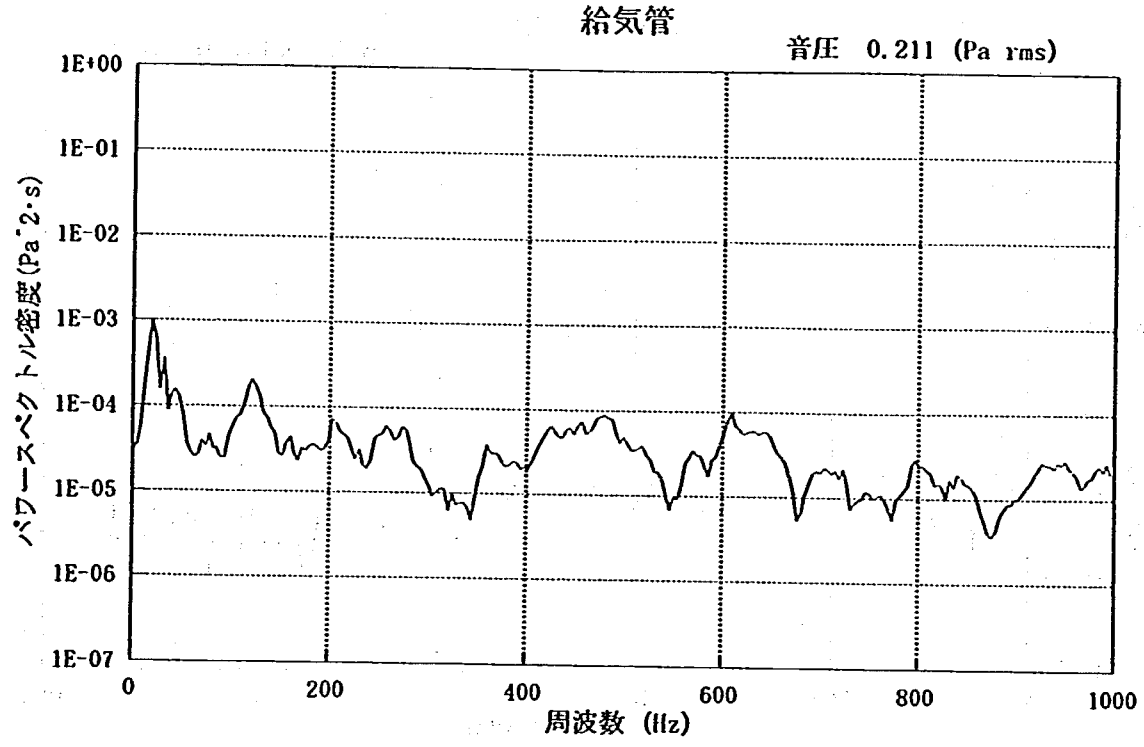
付図−6.56　圧力のパワースペクトル密度

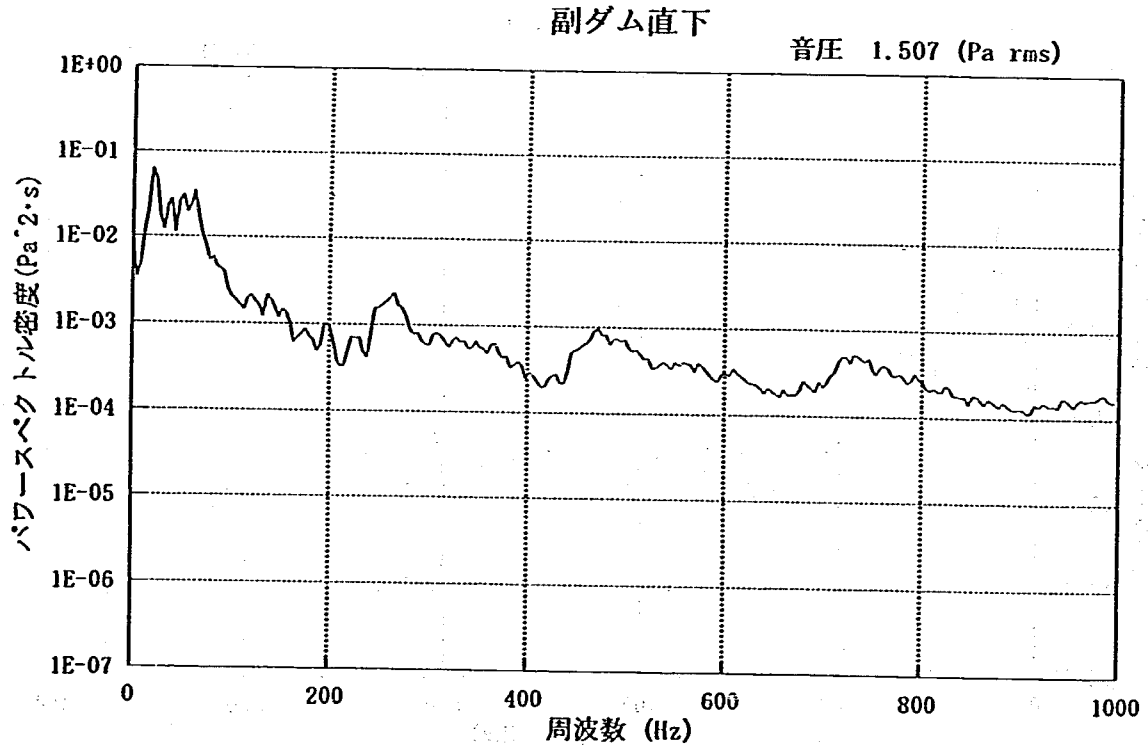




No.2-6-b
1/1模型 副ダム原形状
D=87cm, h1=4cm, Z=2.0m
Q=23.83L/s
暗騒音補正後

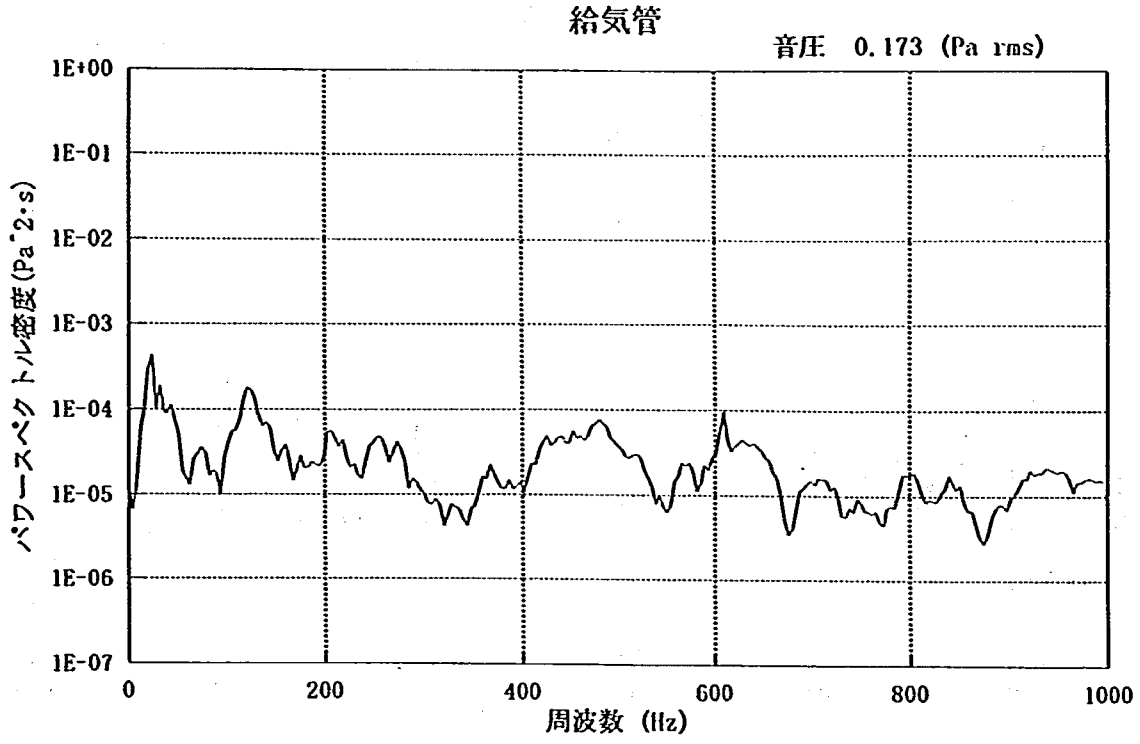
付図−6.57　圧力のパワースペクトル密度

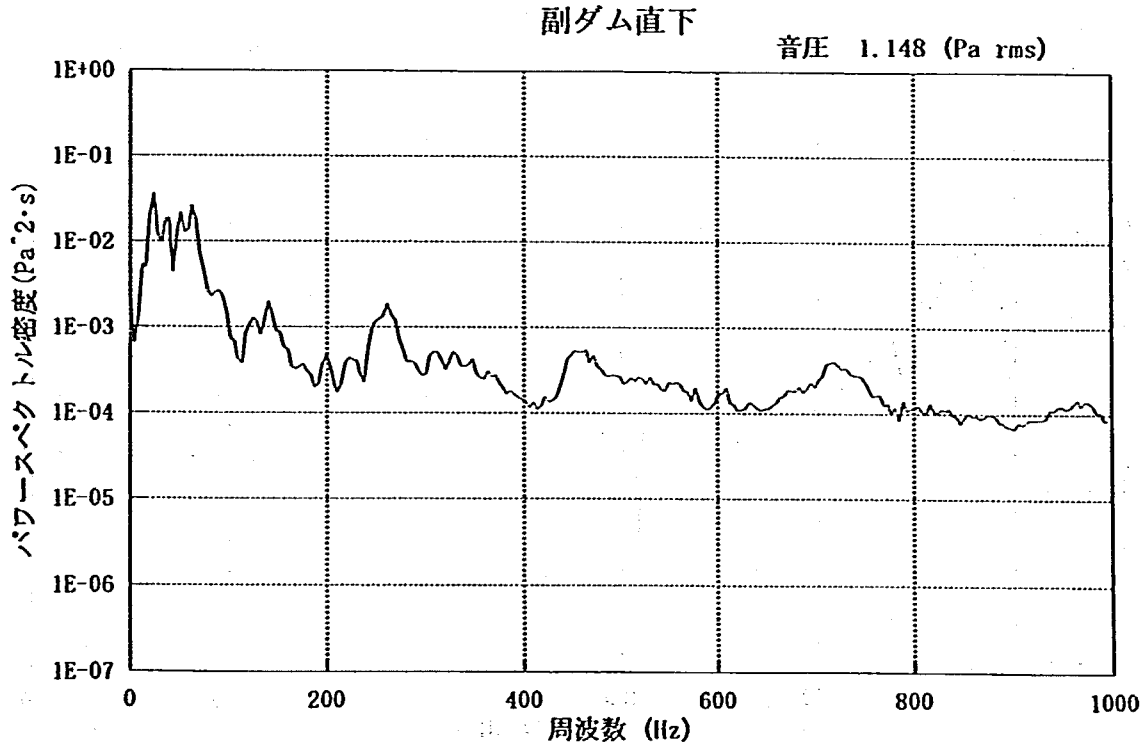




No.2-7-b
1/1模型 副ダム原形状
D=87cm, h1=6cm, Z=3.0m
Q=54.64L/s
暗騒音補正後

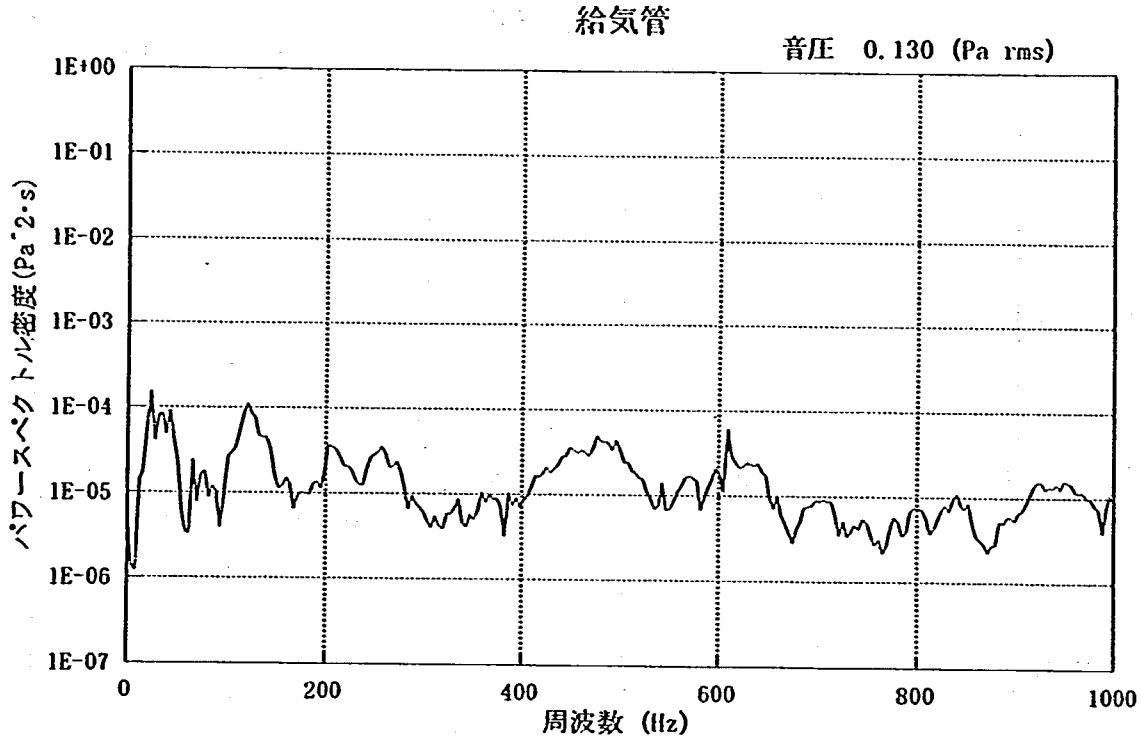
付図－6.58 圧力のパワースペクトル密度

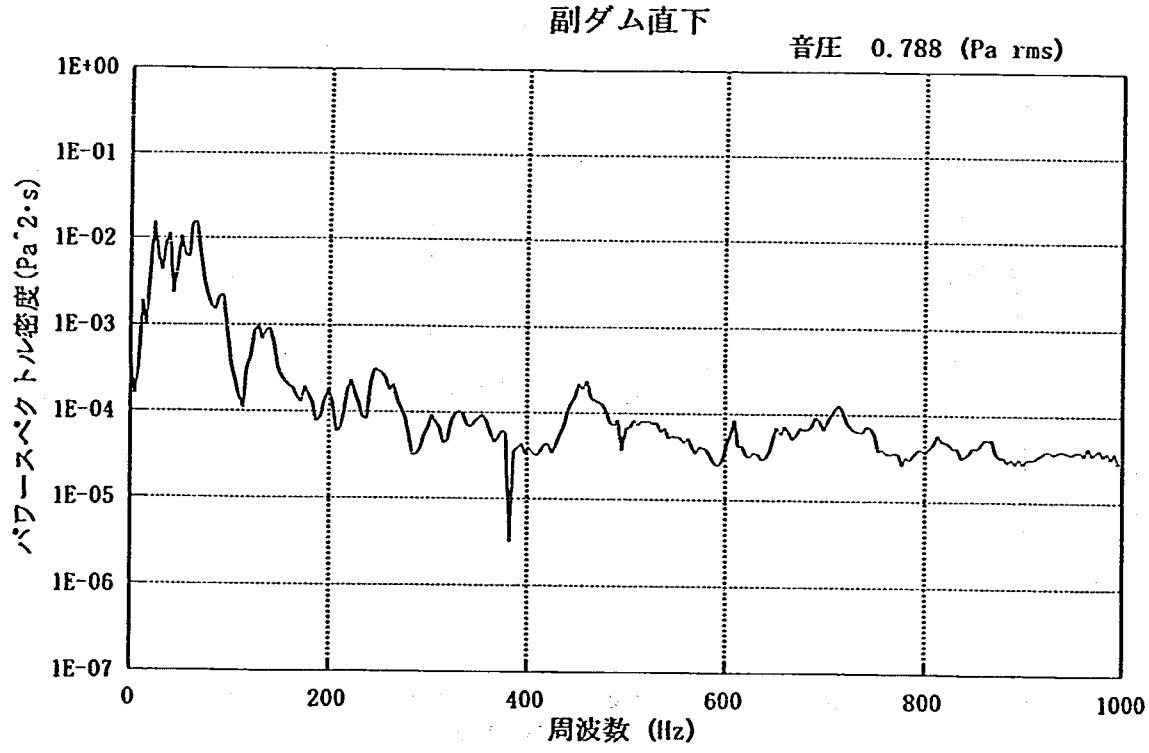




No.2-8-b
1/1模型 副ダム原形状
D=87cm, h1=6cm, Z=2.5m
Q=45.04L/s
暗騒音補正後

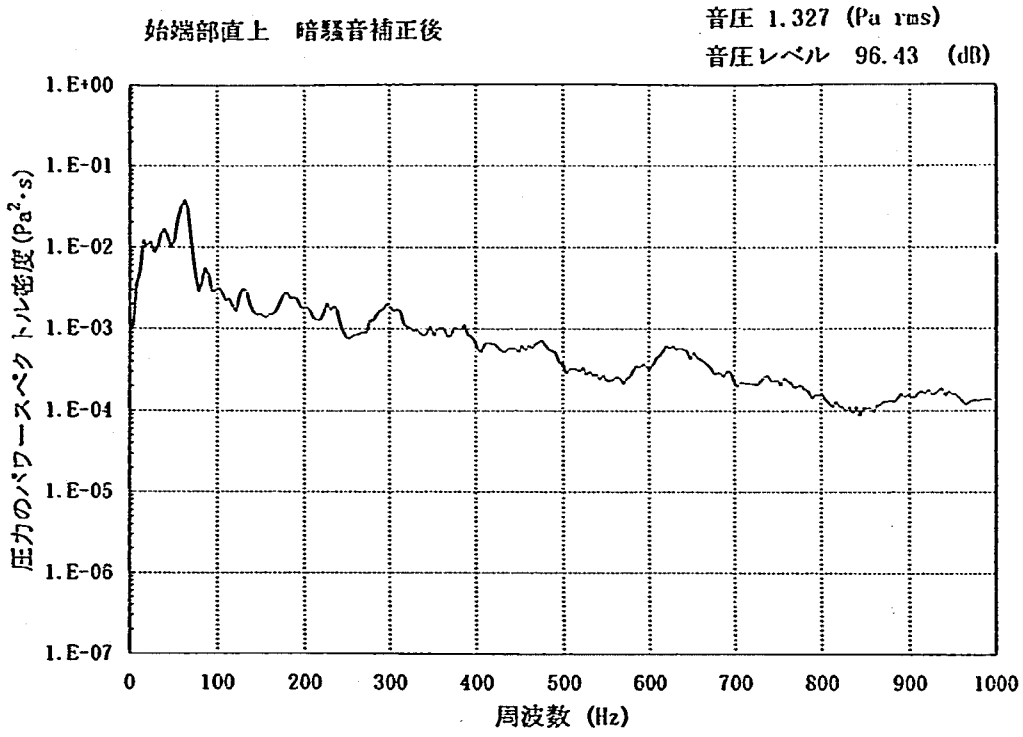
付図－6.59　圧力のパワースペクトル密度

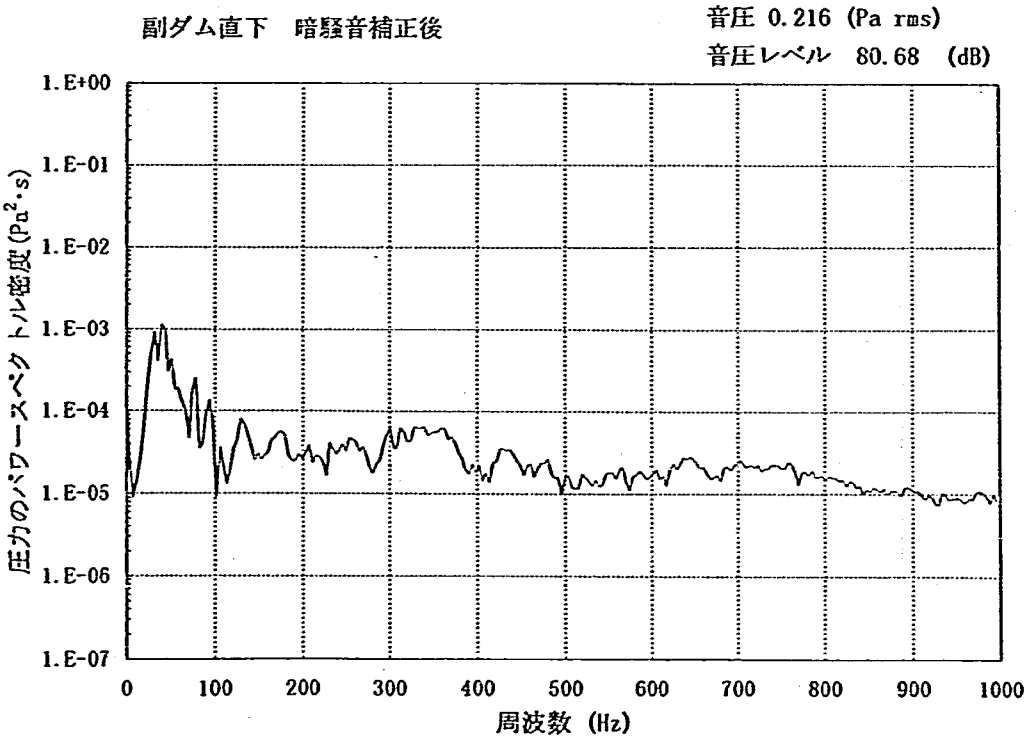




No.2-9-b
1/1模型 副ダム原形状
D=87cm, h1=6cm, Z=2.0m
Q=33.82L/s
暗騒音補正後

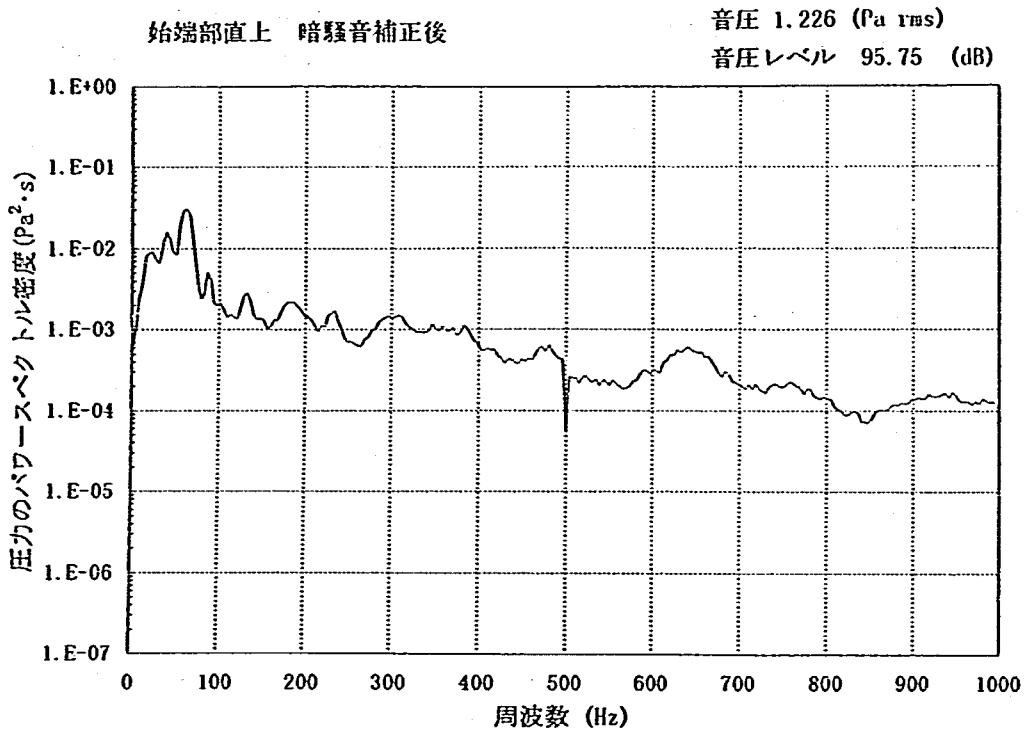
付図－6.60　圧力のパワースペクトル密度

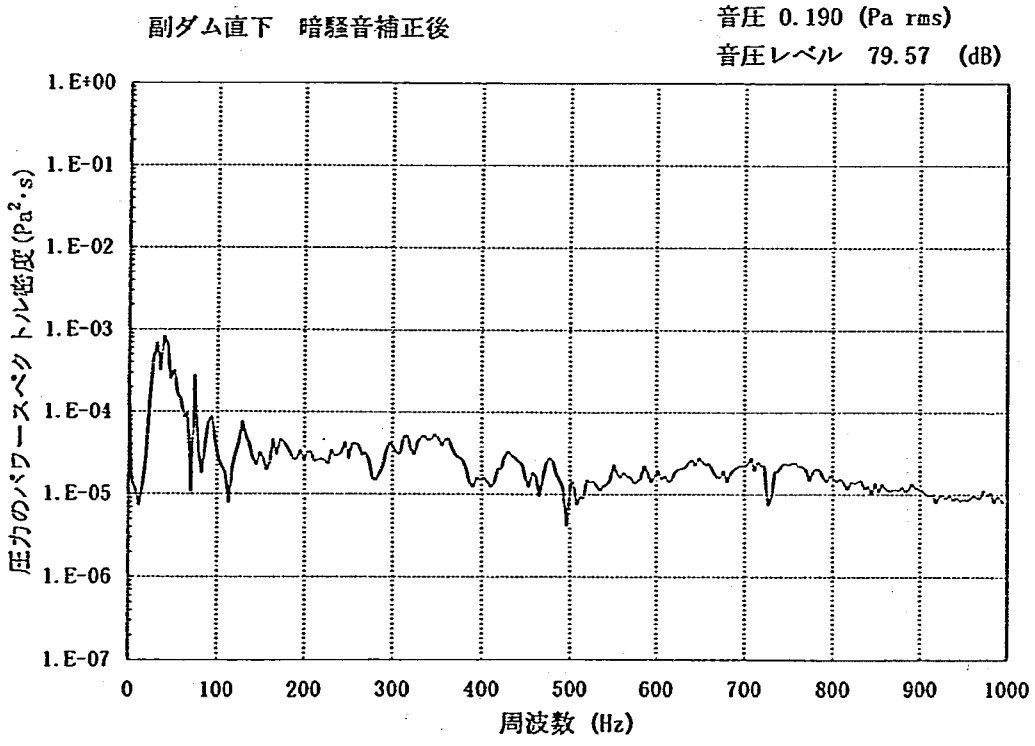




No.3-1-a(Data No.965)
1.5/1模型
天端なし　副ダム高 0.653m
吐出水脈厚　4.2 (cm)
作用水頭　Z=4.5 (m)
流量　　Q= 51.5 (L/s)

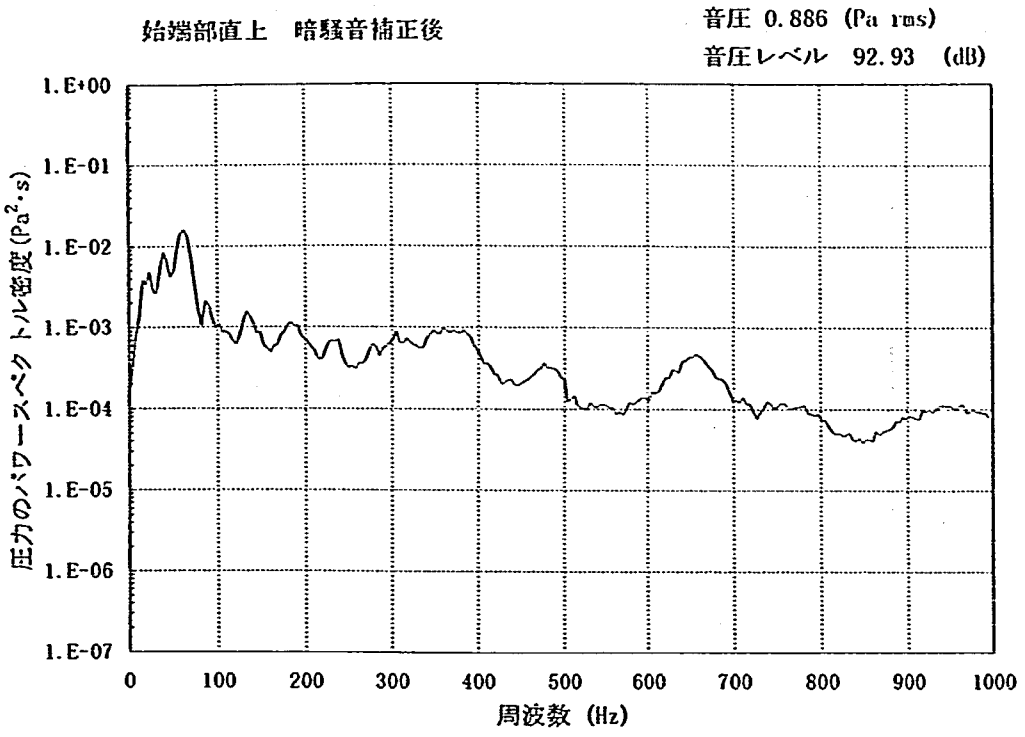
付図−6.61　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

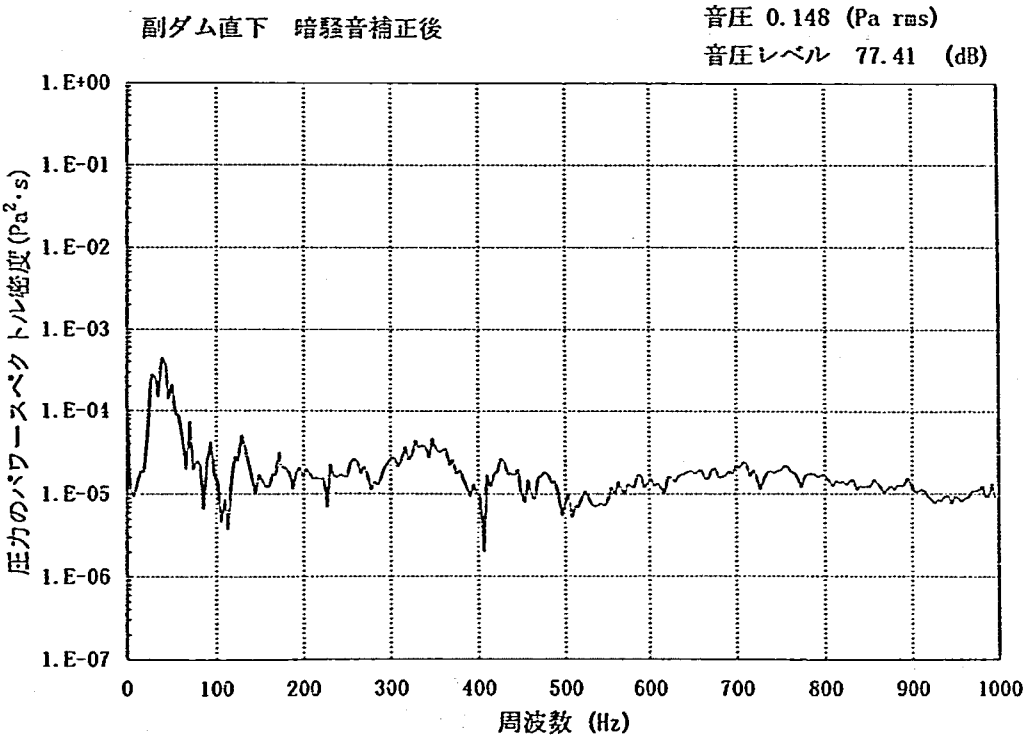




No.3-2-a(Data No.966)
1.5/1模型
天端なし　副ダム高 0.653m
吐出水脈厚　4.1 (cm)
作用水頭　Z=3.75 (m)
流量　　Q= 43.1 (L/s)

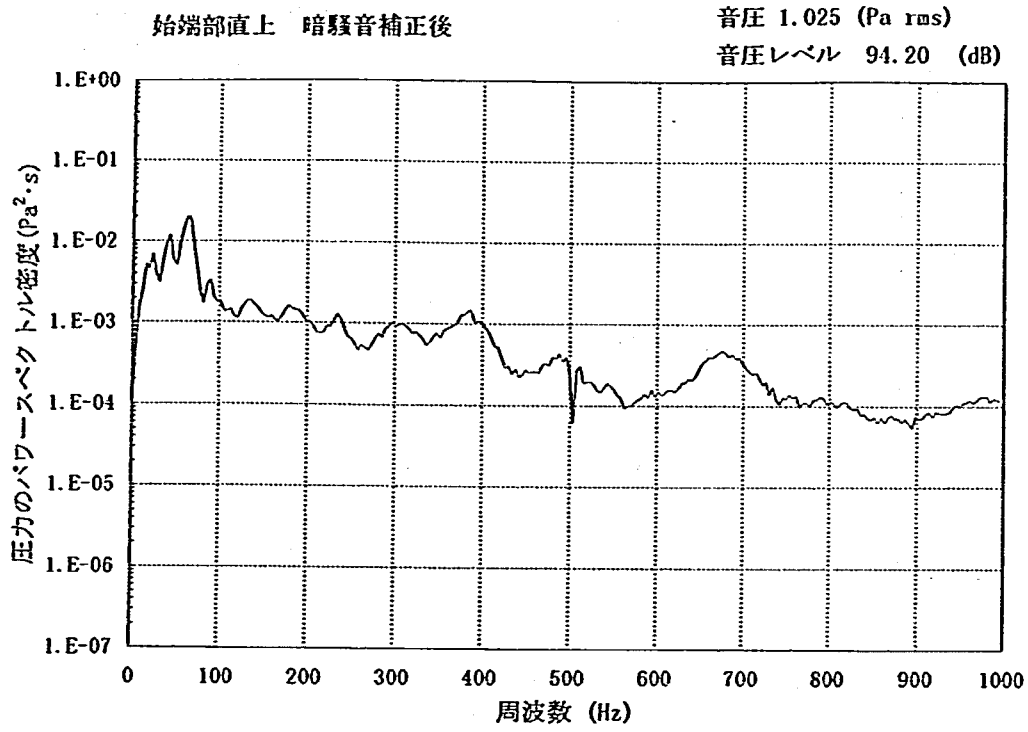
付図−6.62　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

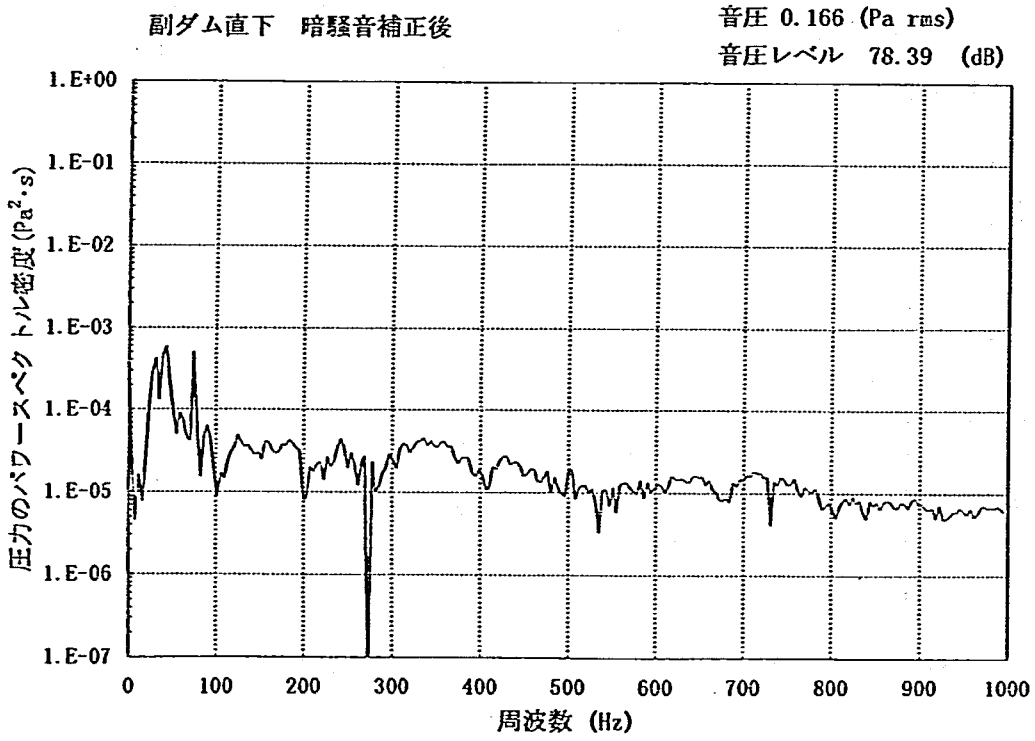




No.3-2-a(Data No.967)
1.5/1模型
天端なし　副ダム高 0.653m
吐出水脈厚　3.9 (cm)
作用水頭　Z=3. (m)
流量　　Q= 33.5 (L/s)

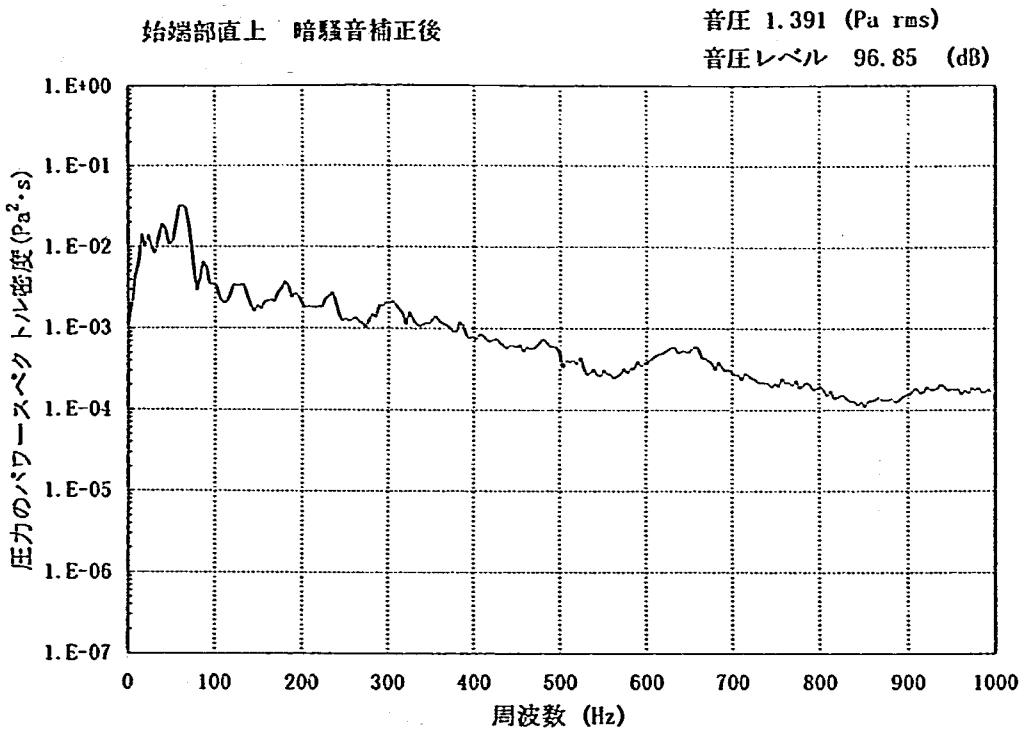
付図−6.63　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

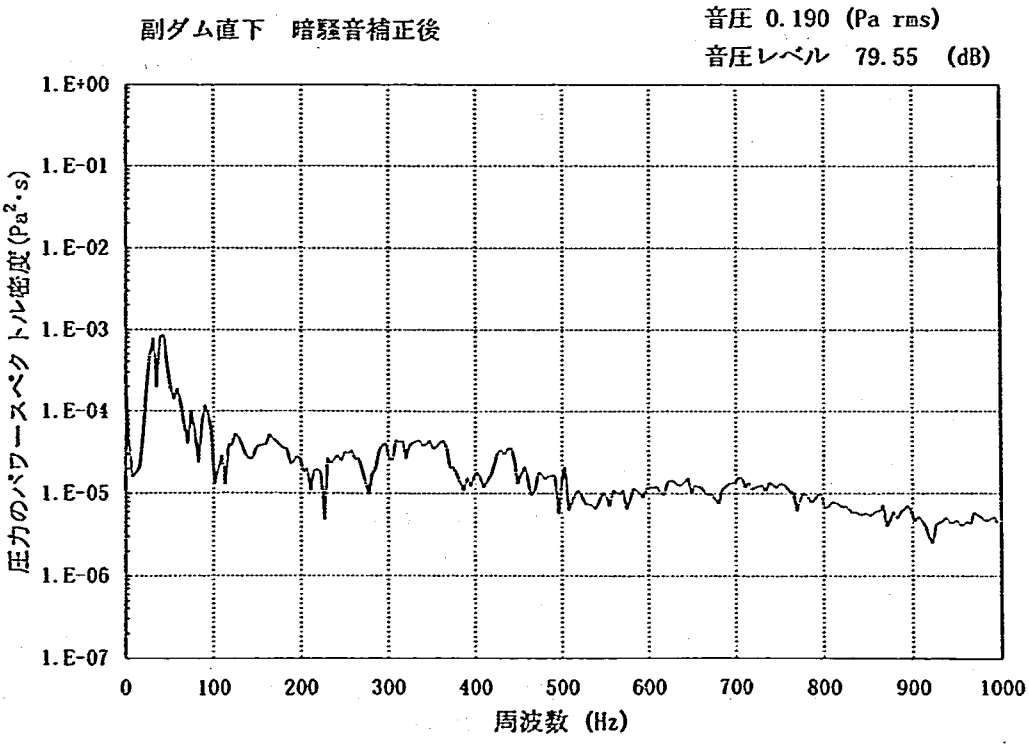




No.3-4-a(Data No.951)
1.5/1模型
天端なし　副ダム高 0.653m
吐出水脈厚　8.6 (cm)
作用水頭　Z=2.92 (m)
流量　　Q= 70.2 (L/s)

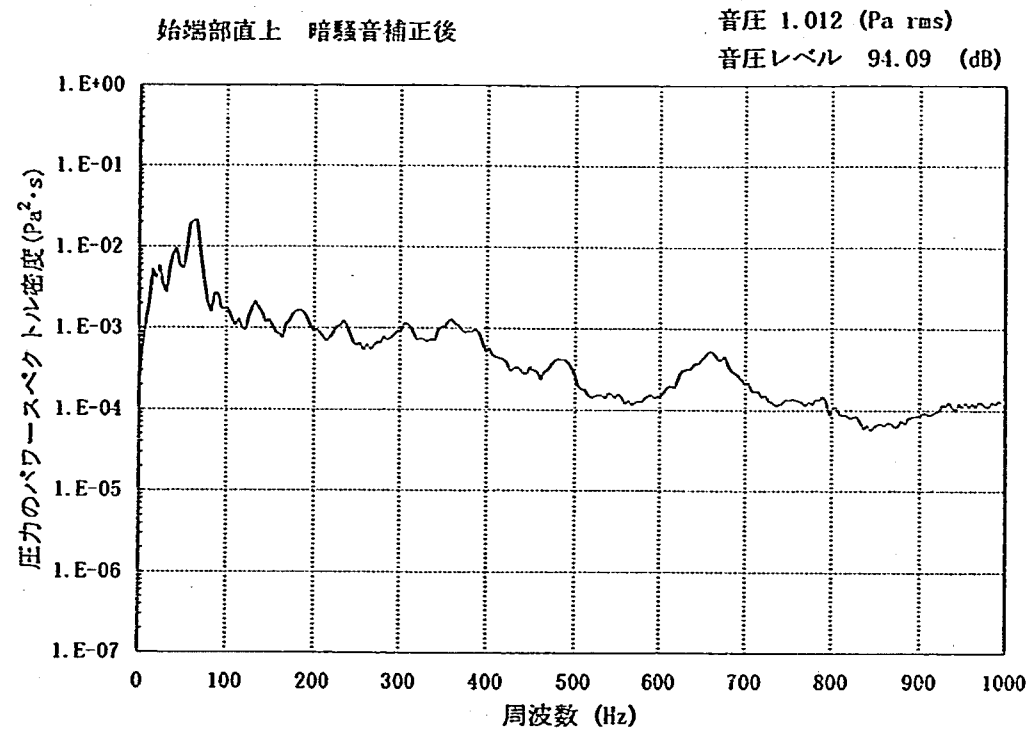
付図－6.64　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

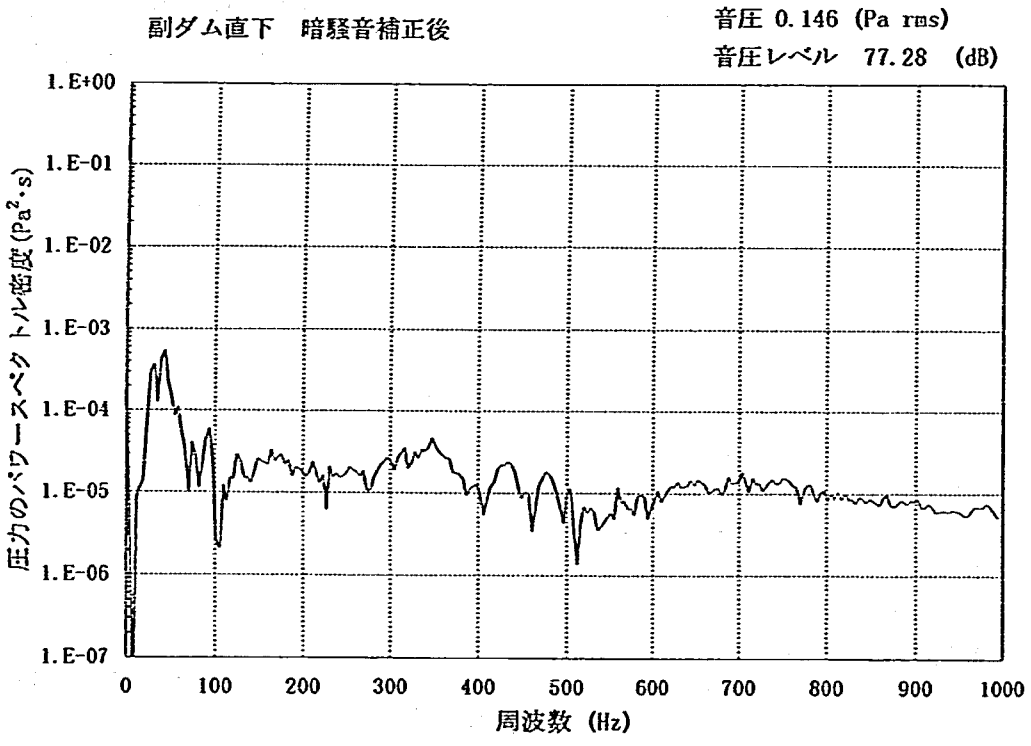




No.3-5-a(Data No.962)
1.5/1模型
天端なし　副ダム高 0.653m
吐出水脈厚　5.7 (cm)
作用水頭　Z=4.2 (m)
流量　　Q= 57.6 (L/s)

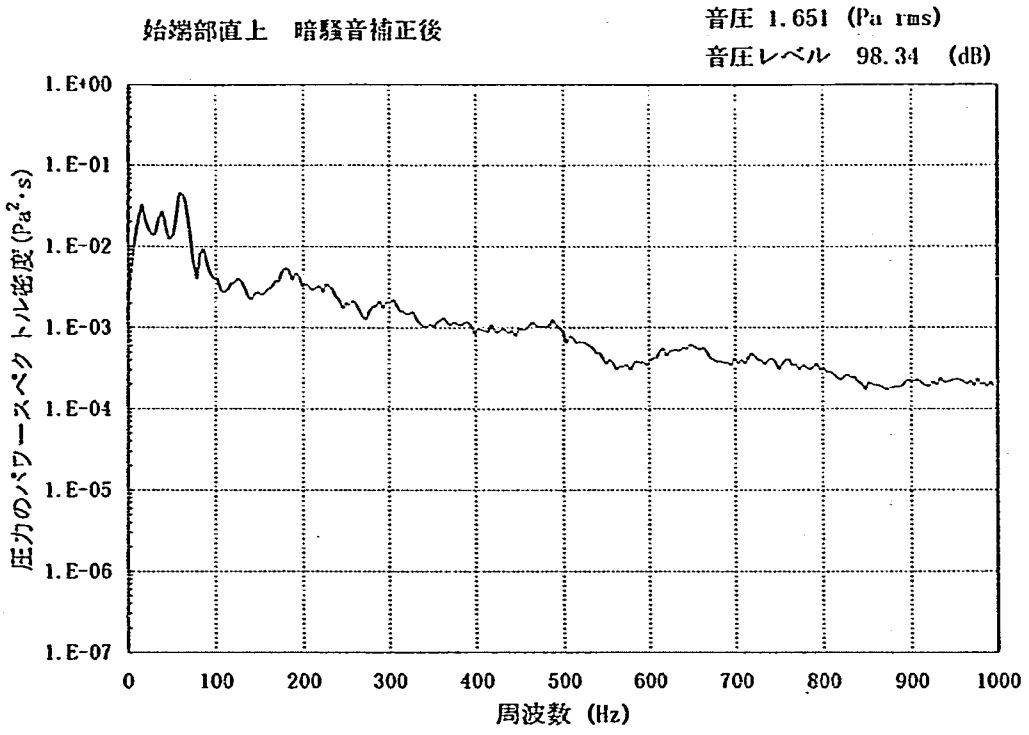
付図－6.65　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

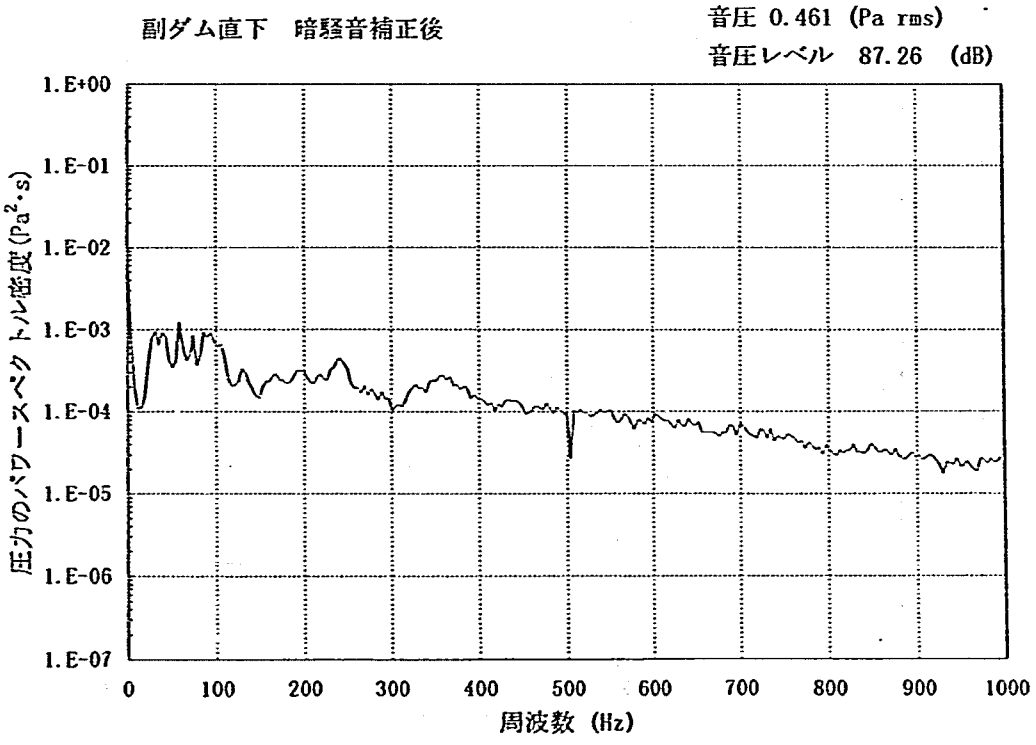




No.3-6-a(Data No.961)
1.5/1模型
天端なし　副ダム高 0.653m
吐出水脈厚　5.3 (cm)
作用水頭　Z=3.28 (m)
流量　Q= 43.9 (L/s)

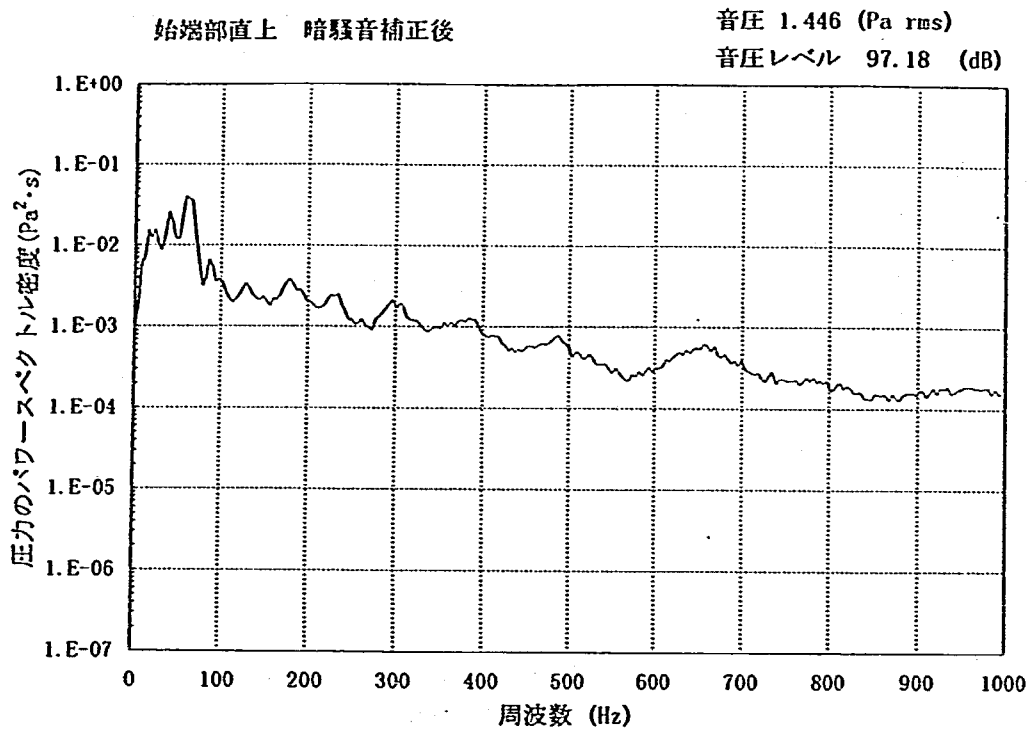
付図−6.66　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

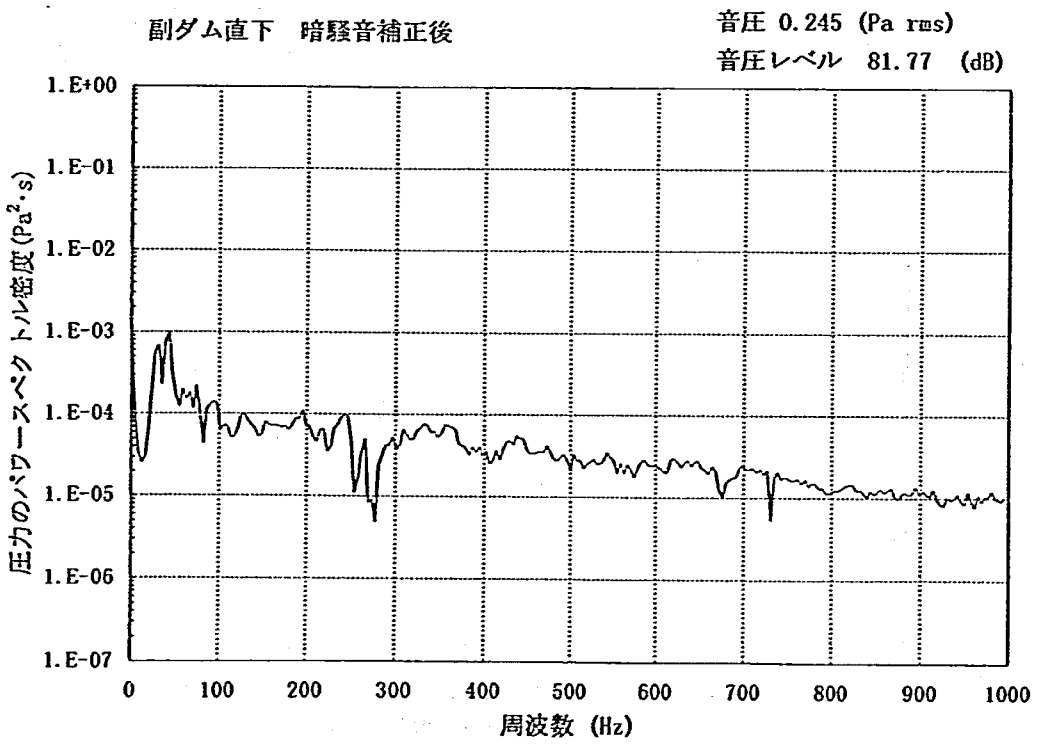




No.3-7-a(Data No.954)
1.5/1模型
天端なし　副ダム高 0.653m
吐出水脈厚　8.6 (cm)
作用水頭　Z=4.48 (m)
流量　Q= 99.8 (L/s)

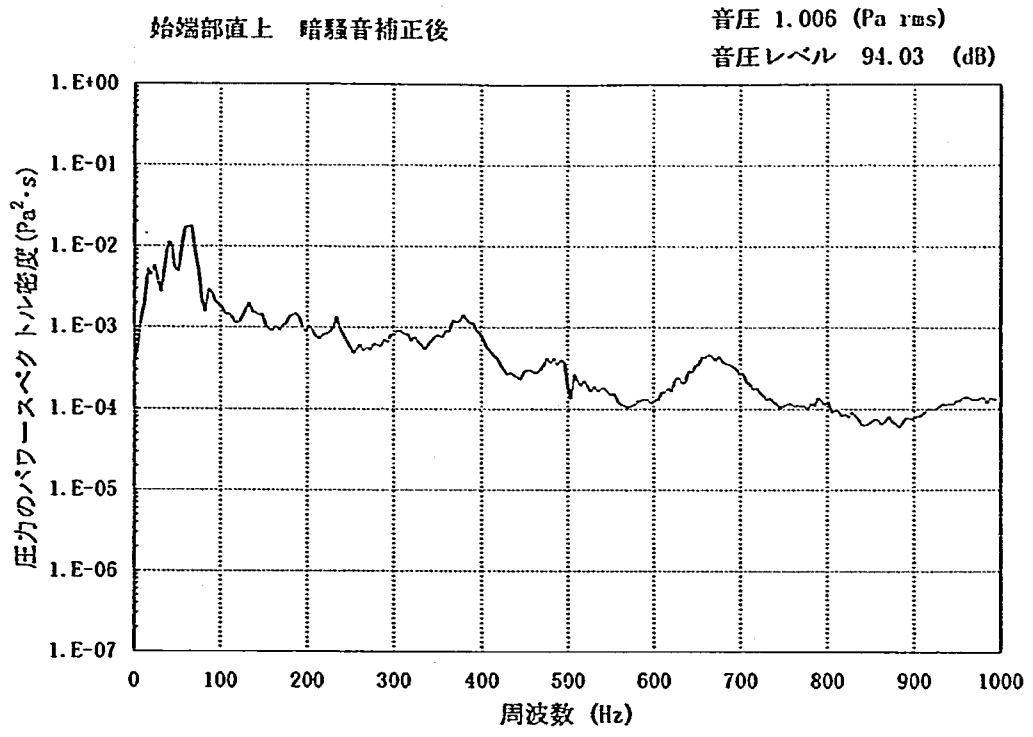
付図−6.67　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

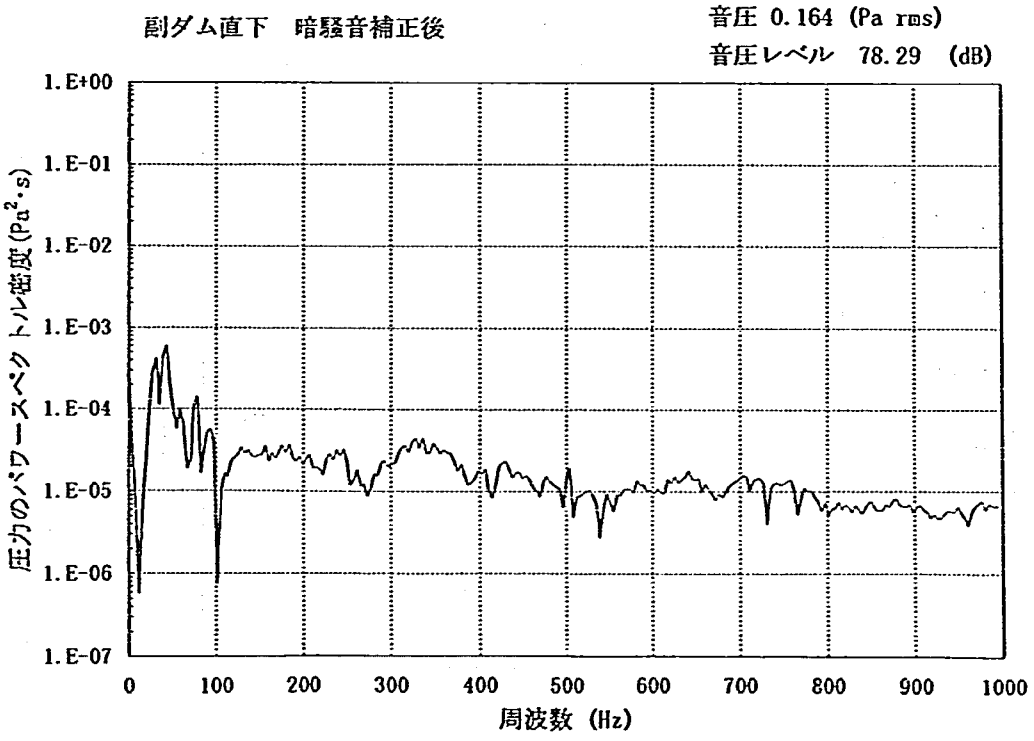




No.3-8-a(Data No.964)
1.5/1模型
天端なし　副ダム高 0.653m
吐出水脈厚　8.3 (cm)
作用水頭　Z=3.73 (m)
流量　　Q= 82.8 (L/s)

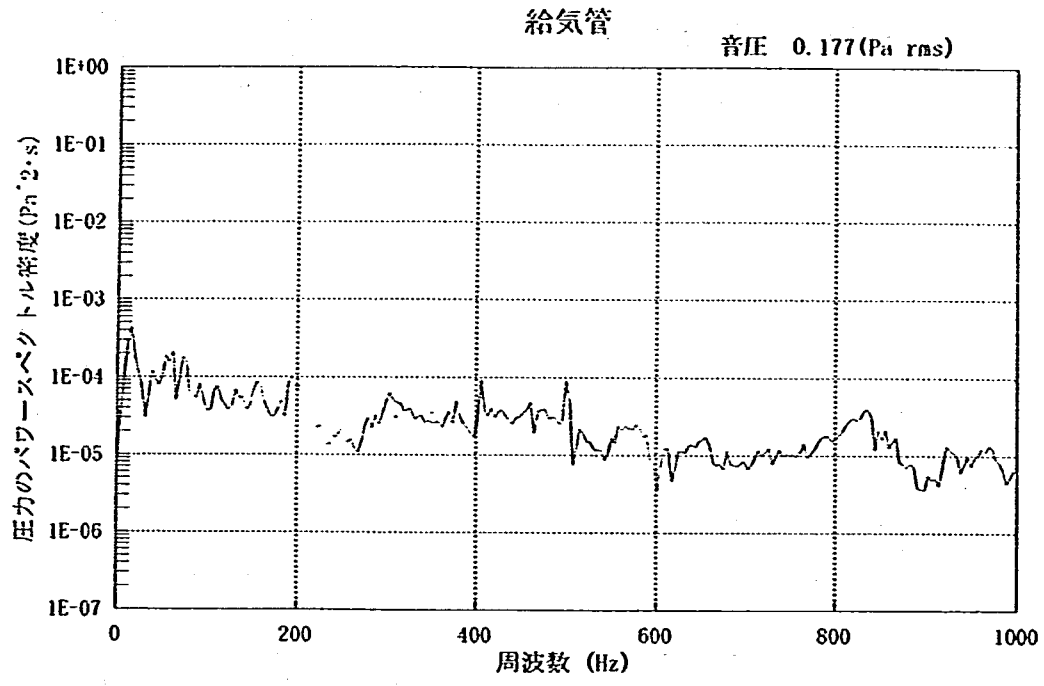
付図−6.68　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

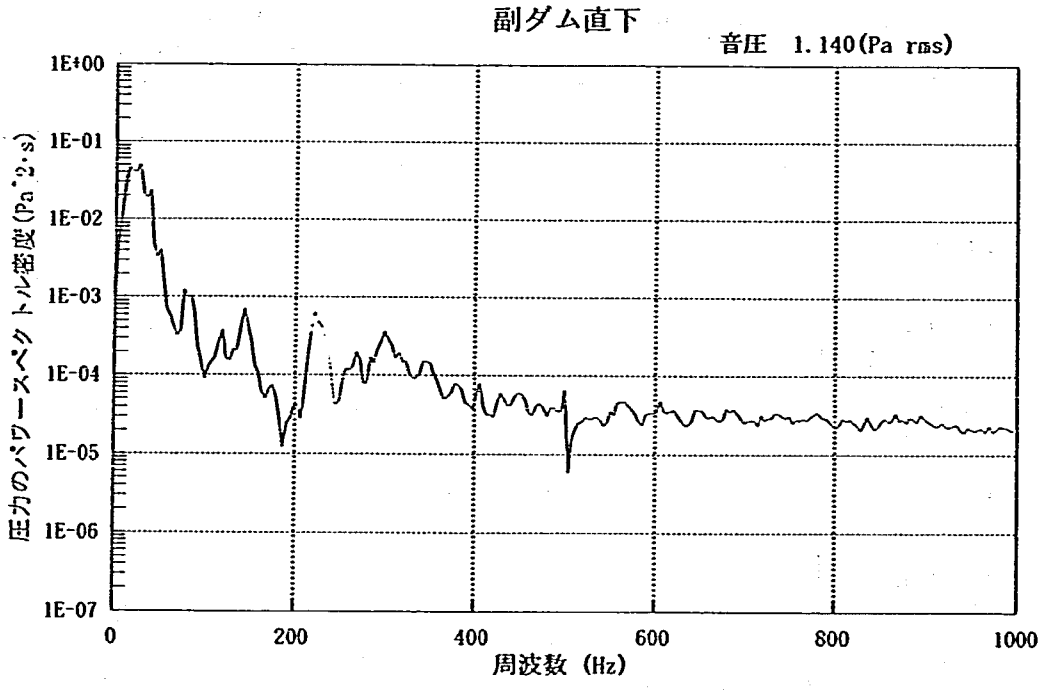




No.3-9-a(Data No.963)
1.5/1模型
天端なし　副ダム高 0.653m
吐出水脈厚　7.9 (cm)
作用水頭　Z=2.86 (m)
流量　Q= 62.2 (L/s)

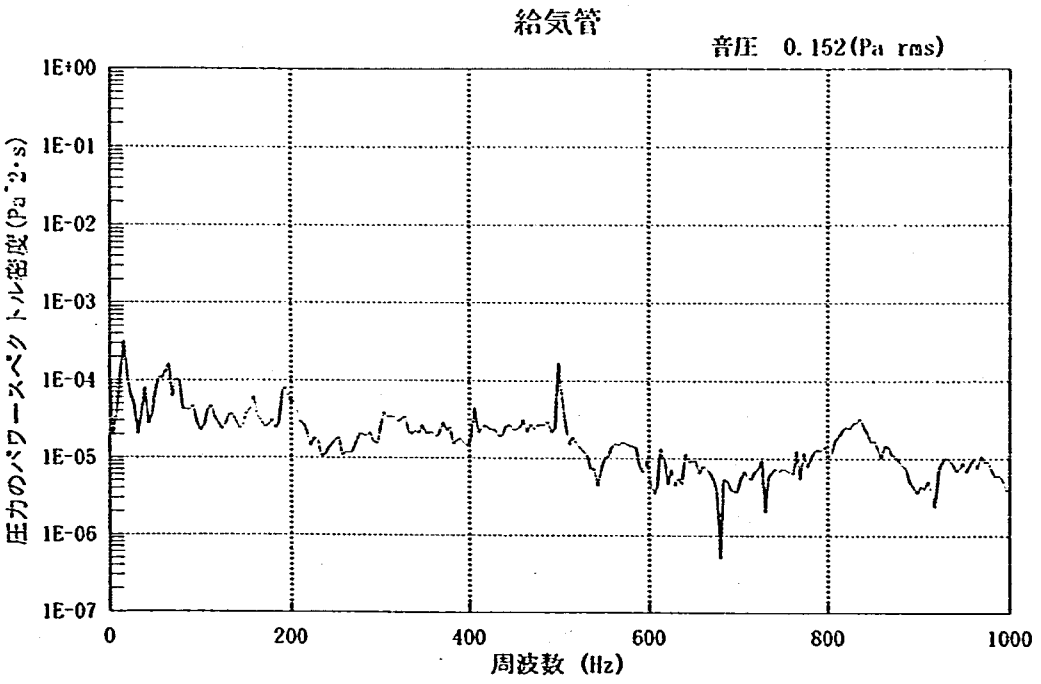
付図－6.69　圧力パワースペクトル密度（暗騒音補正後）

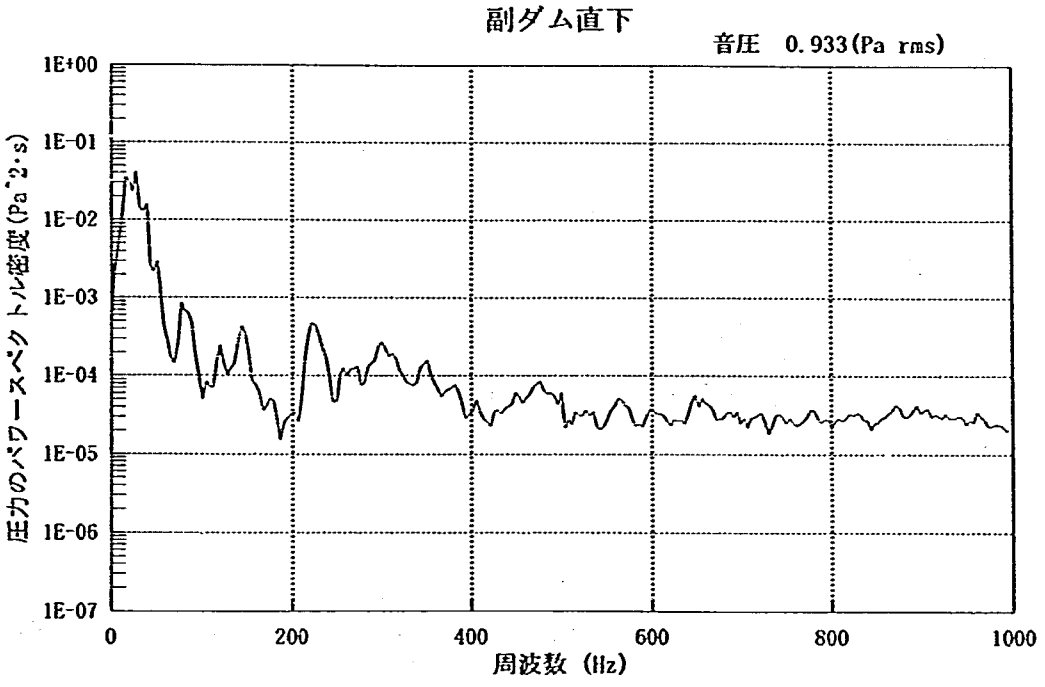




No.3-1-b
暗騒音補正後
G=4.2(cm), Z=4.5(m)
Q=51.1 (L/s)

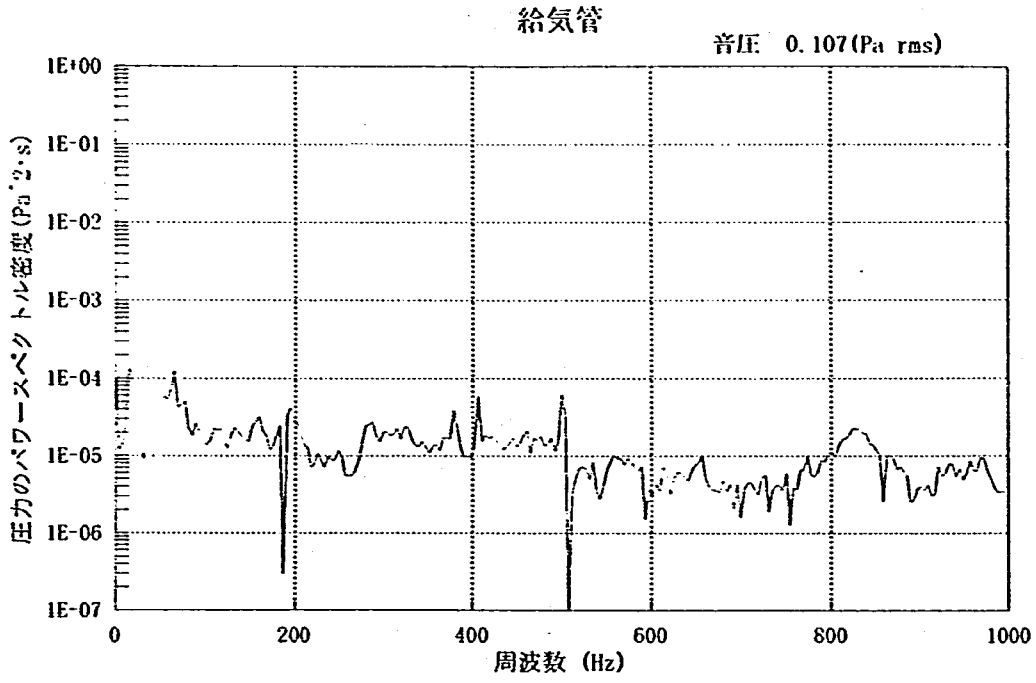
付図−6.70　圧力のパワースペクトル密度分布

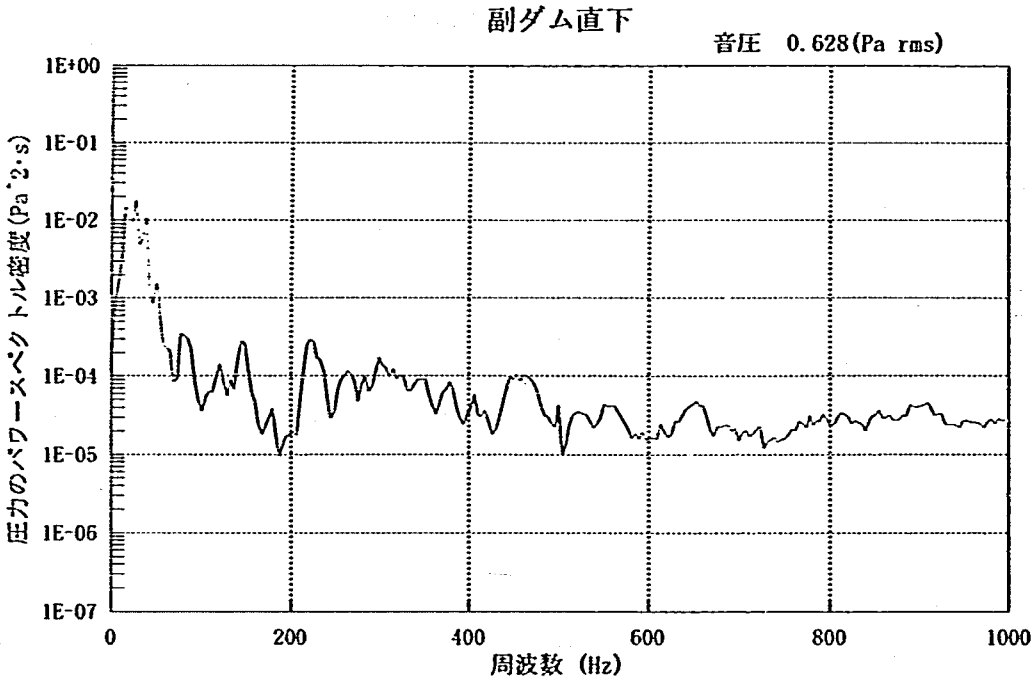




No.3-2-b
暗騒音補正後
G=4.1(cm)，Z=3.75(m)
Q=43.3（L/s)

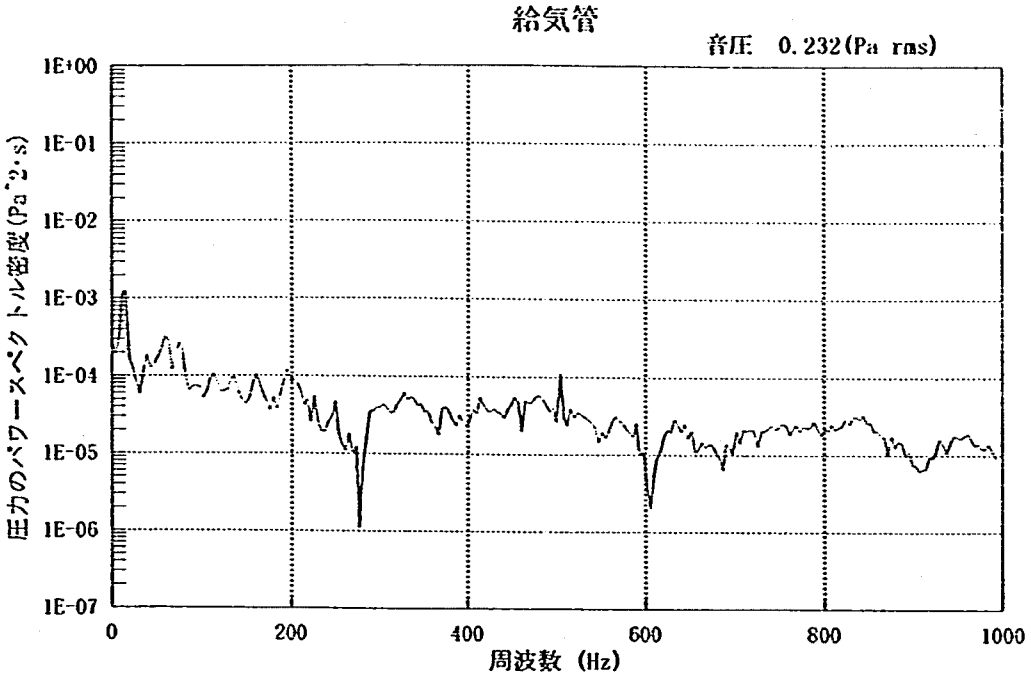
付図−6.71　圧力のパワースペクトル密度分布

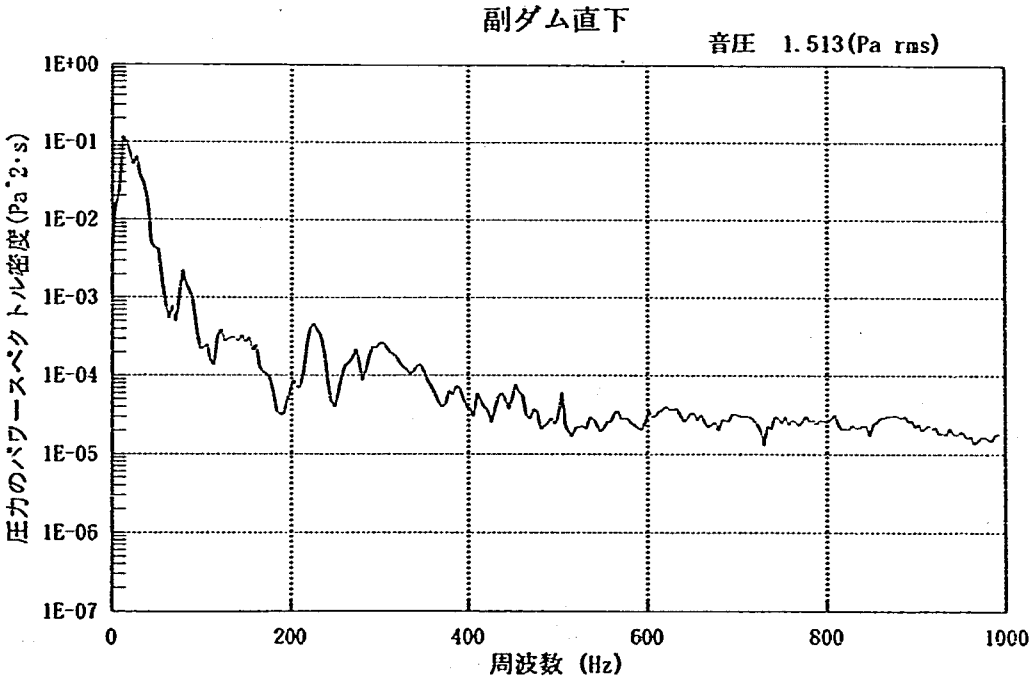




No.3-3-b
暗騒音補正後
G=3.9(cm), Z=3.0(m)
Q=33.5 (L/s)

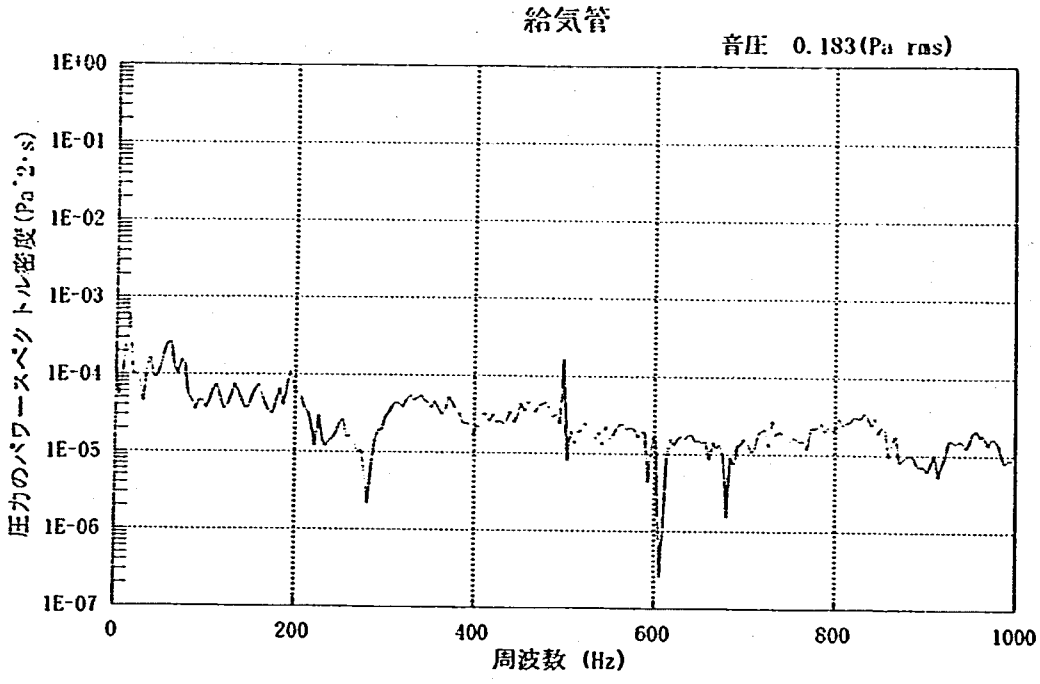
付図−6.72 圧力のパワースペクトル密度分布

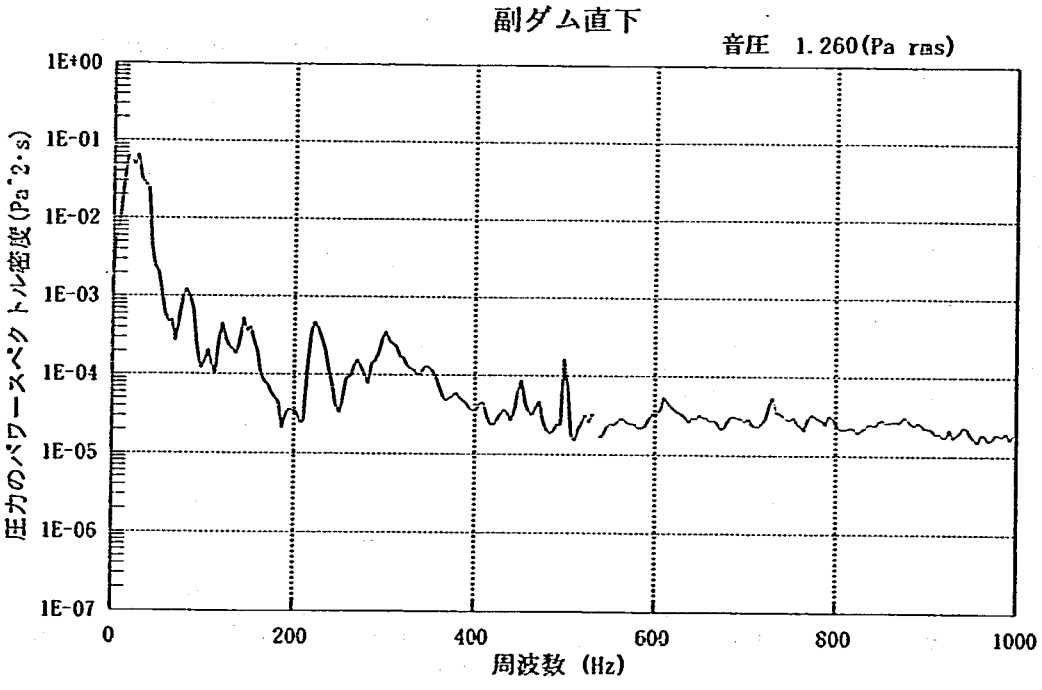




No.3-4-b
暗騒音補正後
G=5.9(cm), Z=4.5(m)
Q=69.9 (L/s)

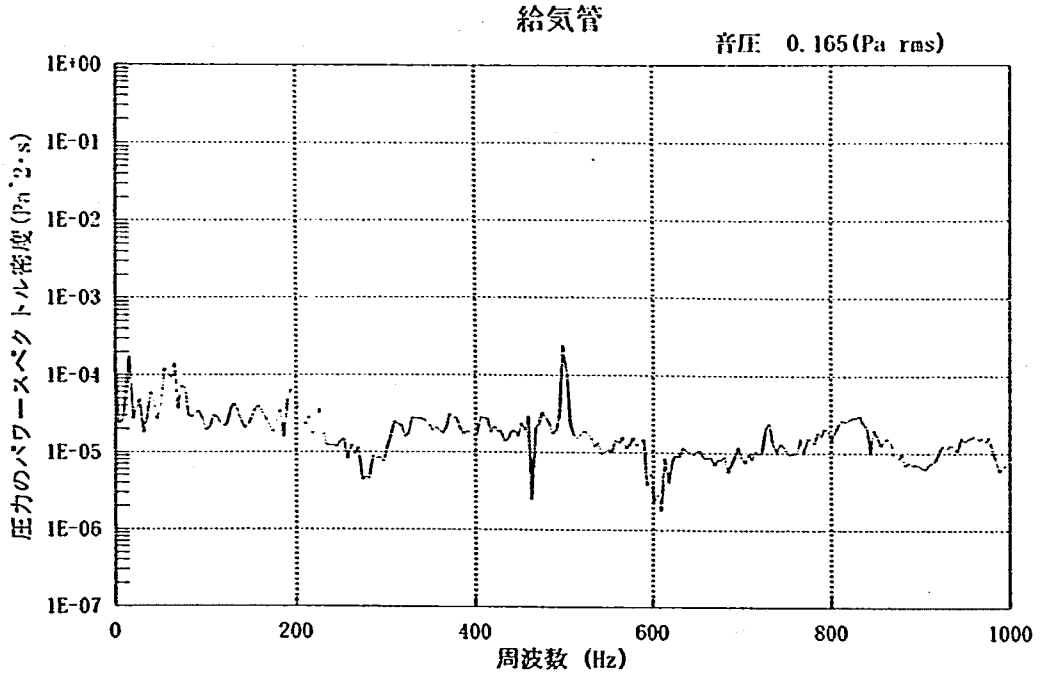
付図－6.73　圧力のパワースペクトル密度分布

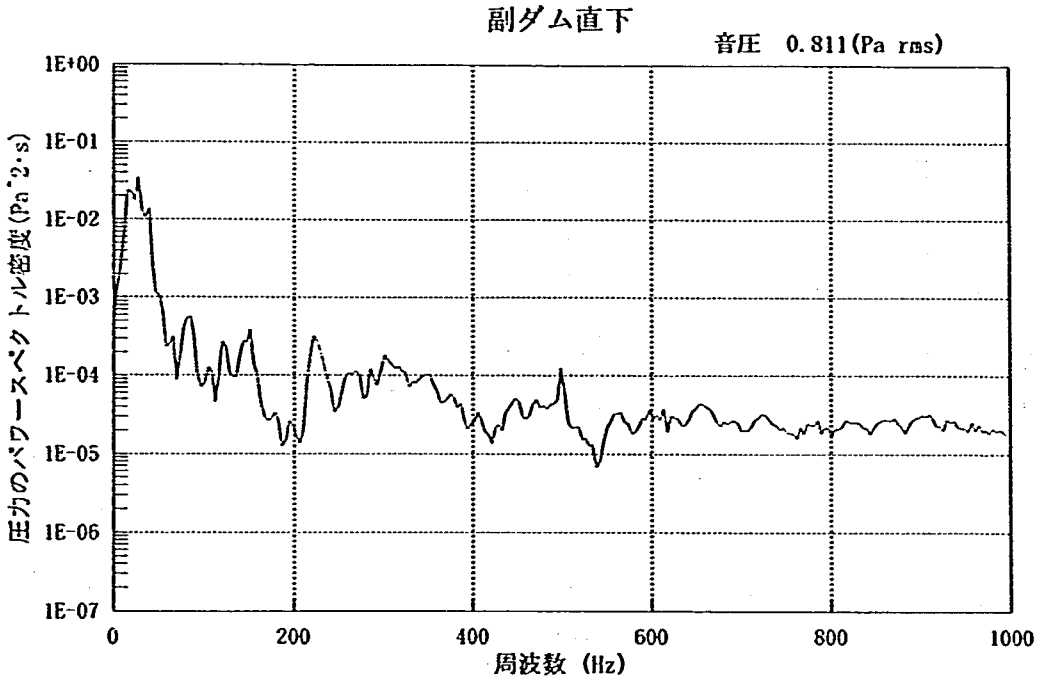




No.3-5-b
暗騒音補正後
G=5.7(cm), Z=3.75(m)
Q=58.0 (L/s)

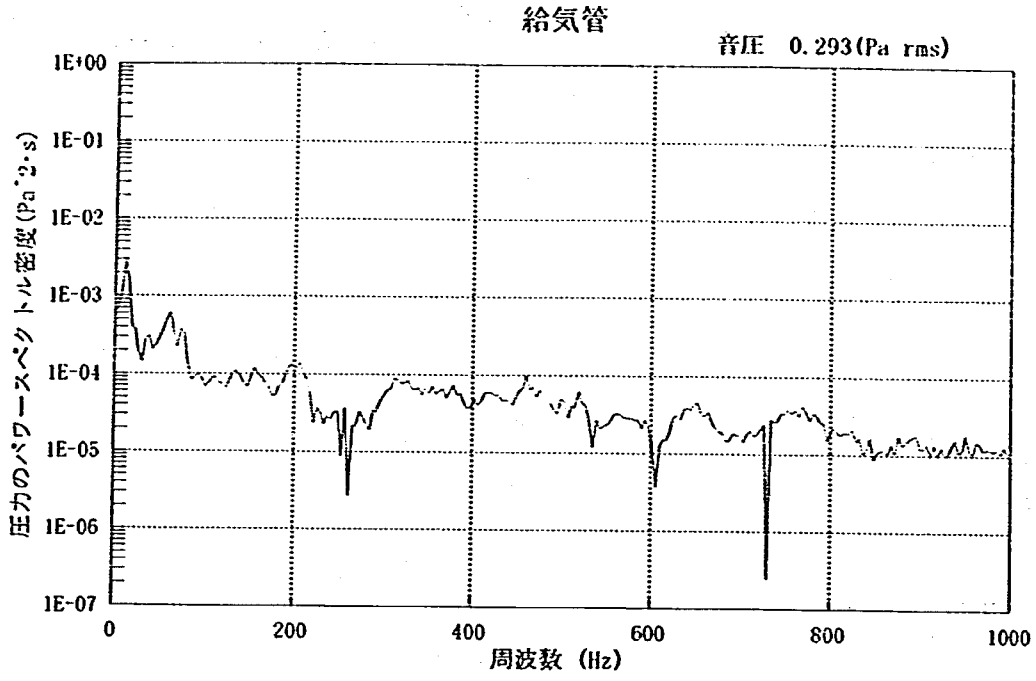
付図－6.74 圧力のパワースペクトル密度分布

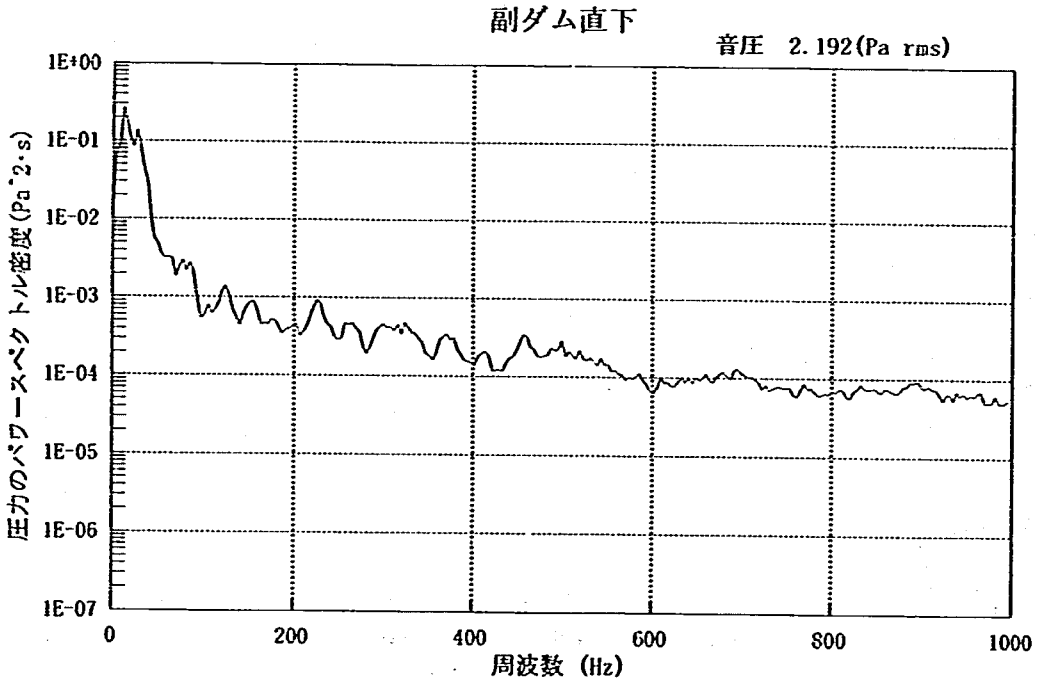




No.3-6-b
暗騒音補正後
G=5.3(cm), Z=3.0(m)
Q=43.8 (L/s)

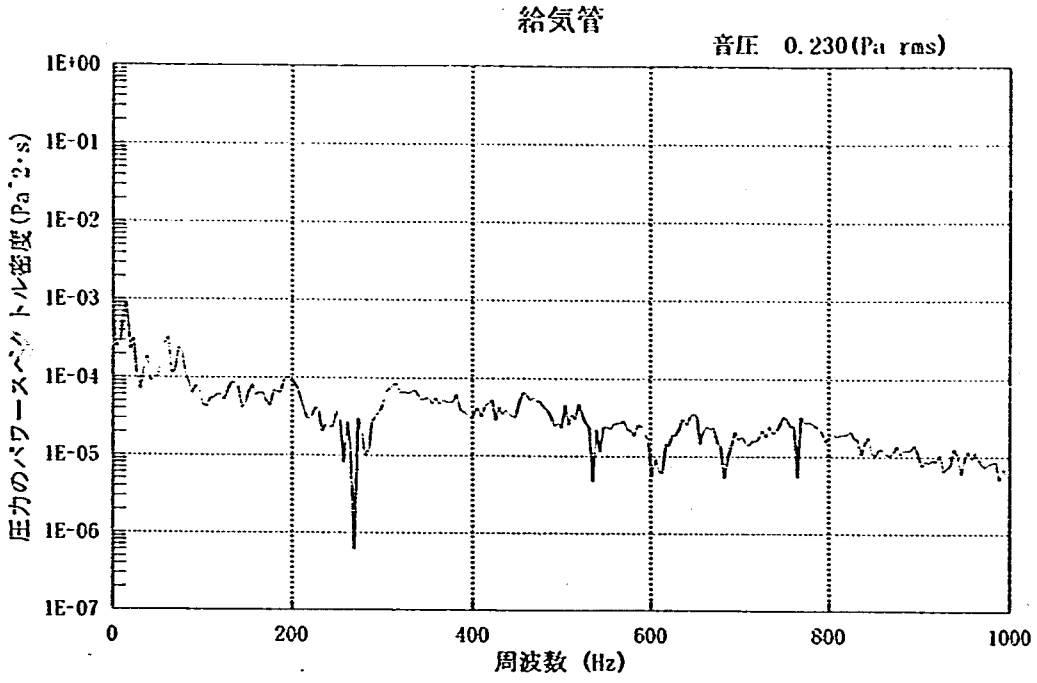
付図−6.75　圧力のパワースペクトル密度分布

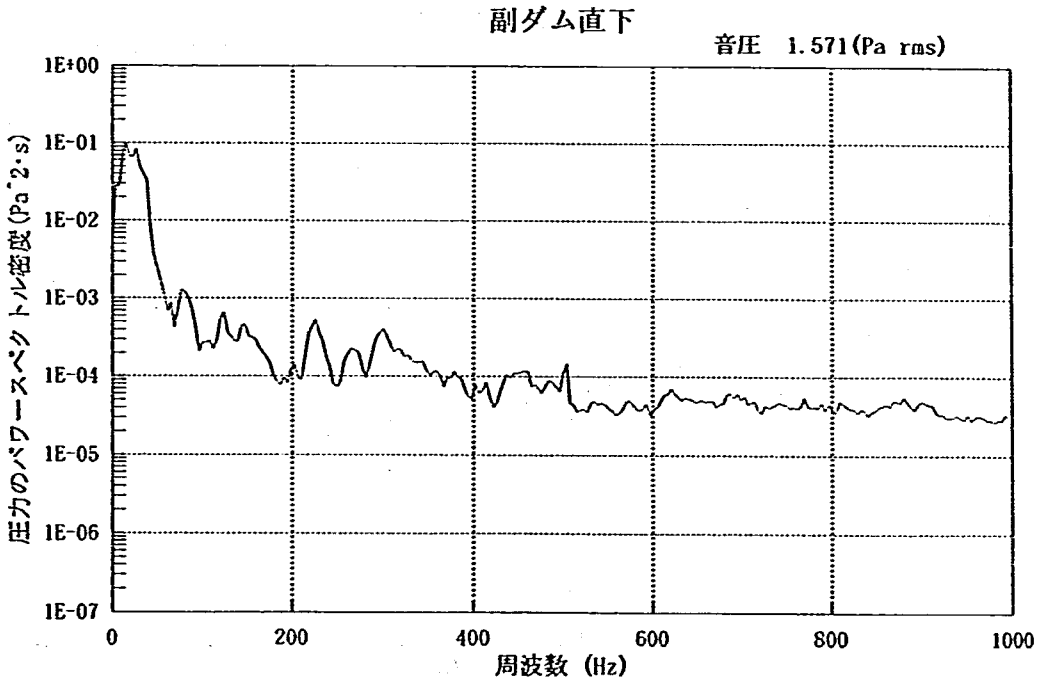




No.3-7-b
暗騒音補正後
G=8.6(cm)，Z=4.5(m)
Q=100.3 (L/s)

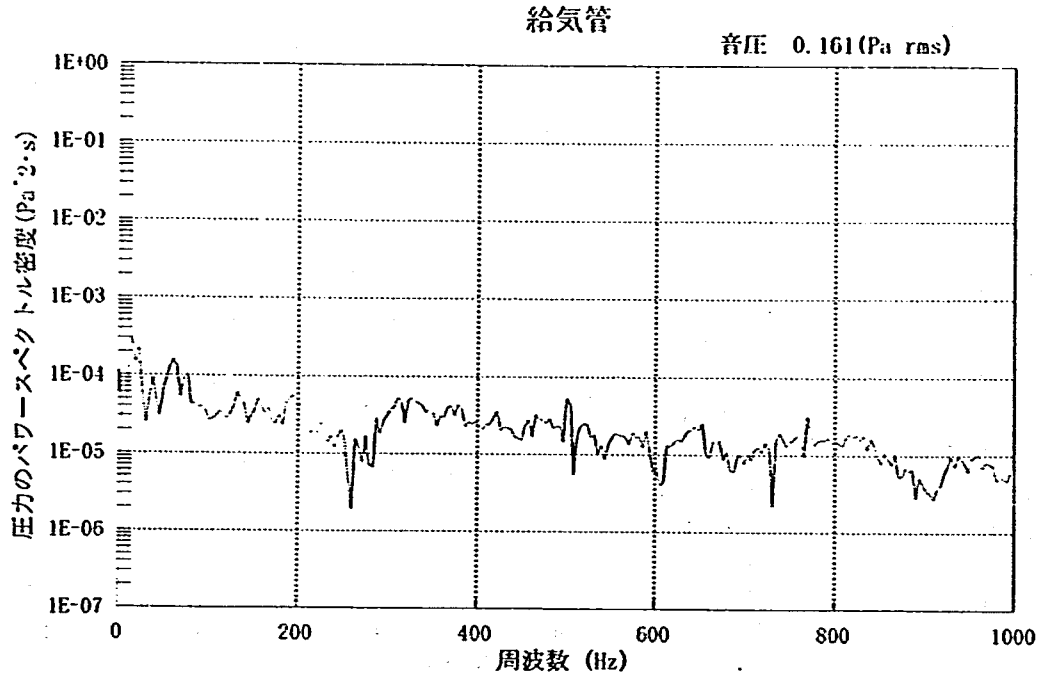
付図−6.76　圧力のパワースペクトル密度分布

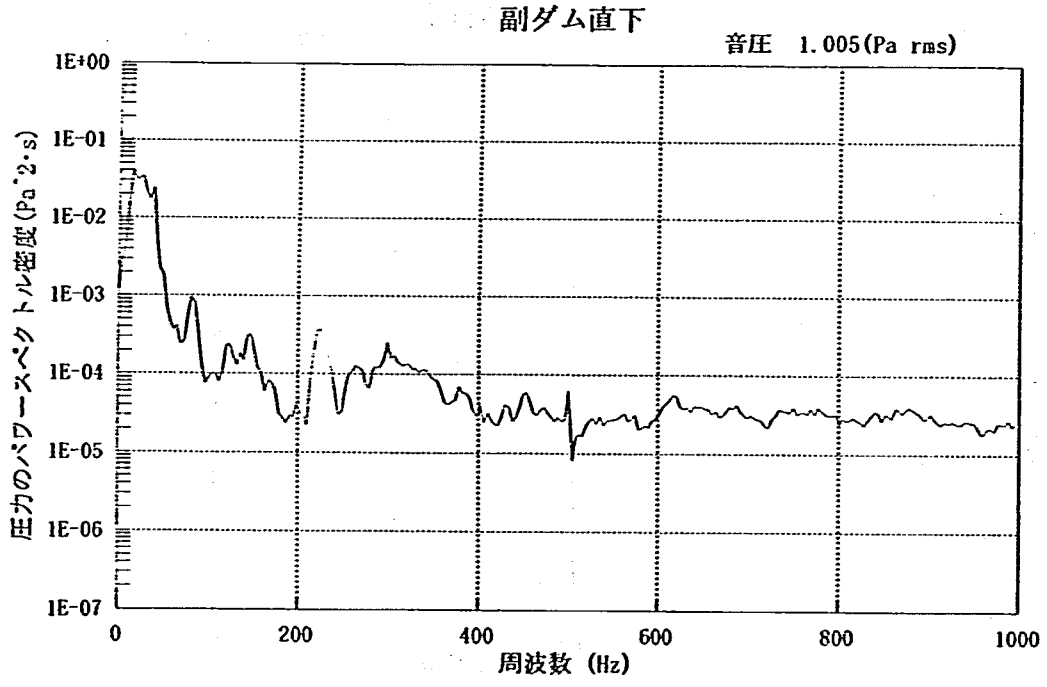




No.3-8-b
暗騒音補正後
G=8.3(cm), Z=3.75(m)
Q=81.7 (L/s)

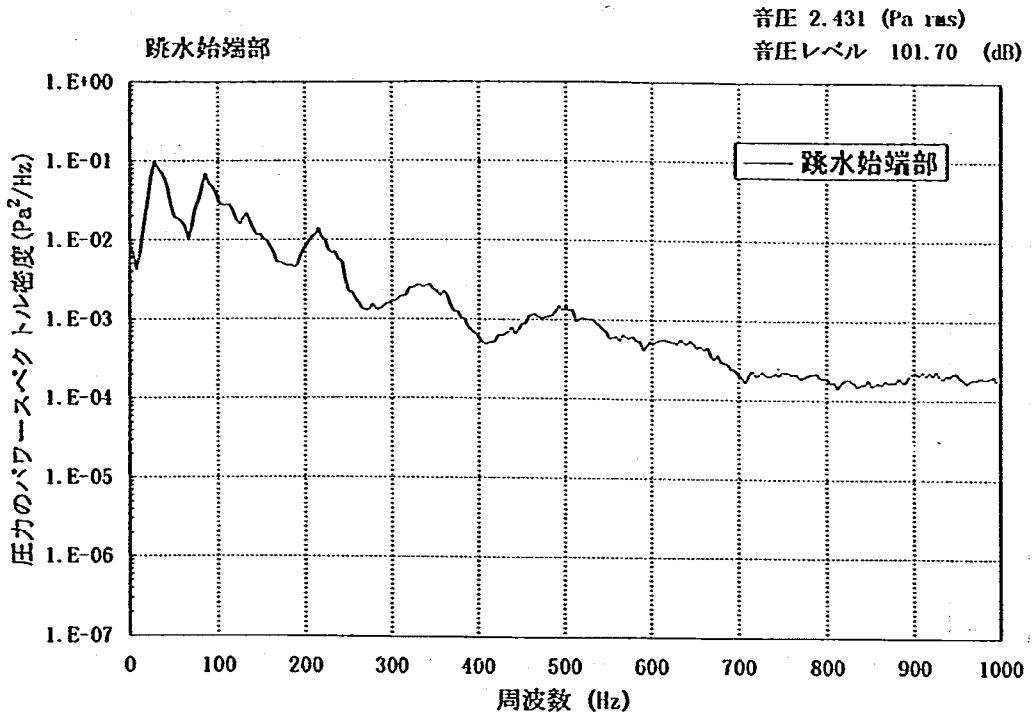
付図－6.77　圧力のパワースペクトル密度分布

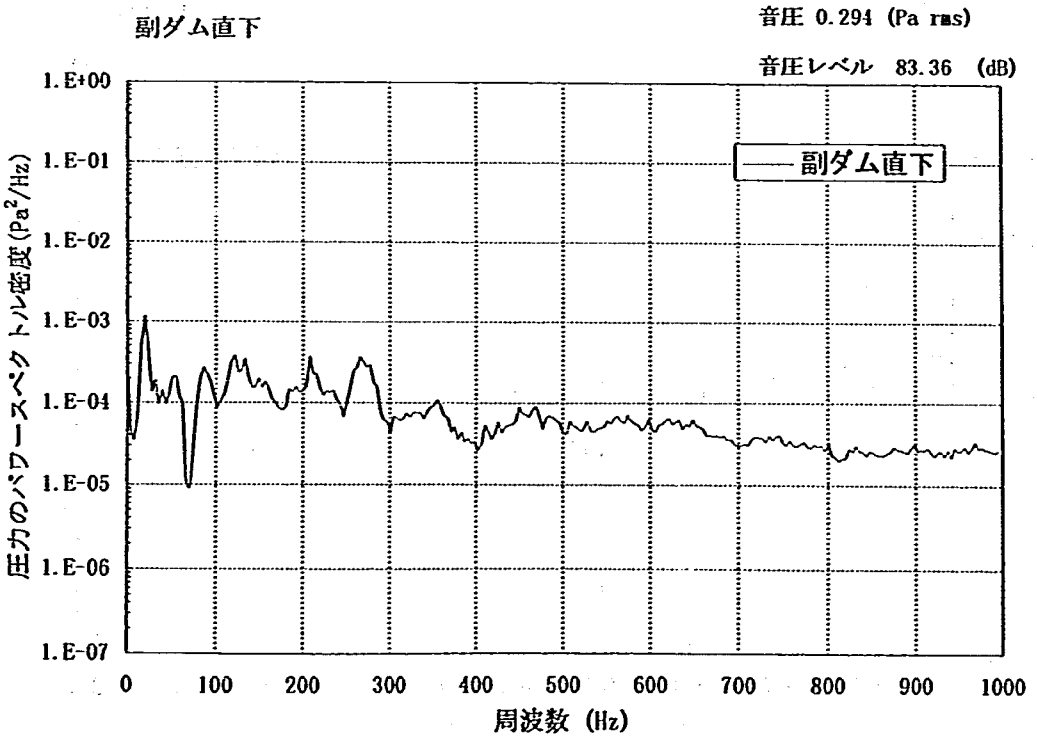




No.3-9-b
暗騒音補正後
G=7.9(cm), Z=3.0(m)
Q=62.2 (L/s)

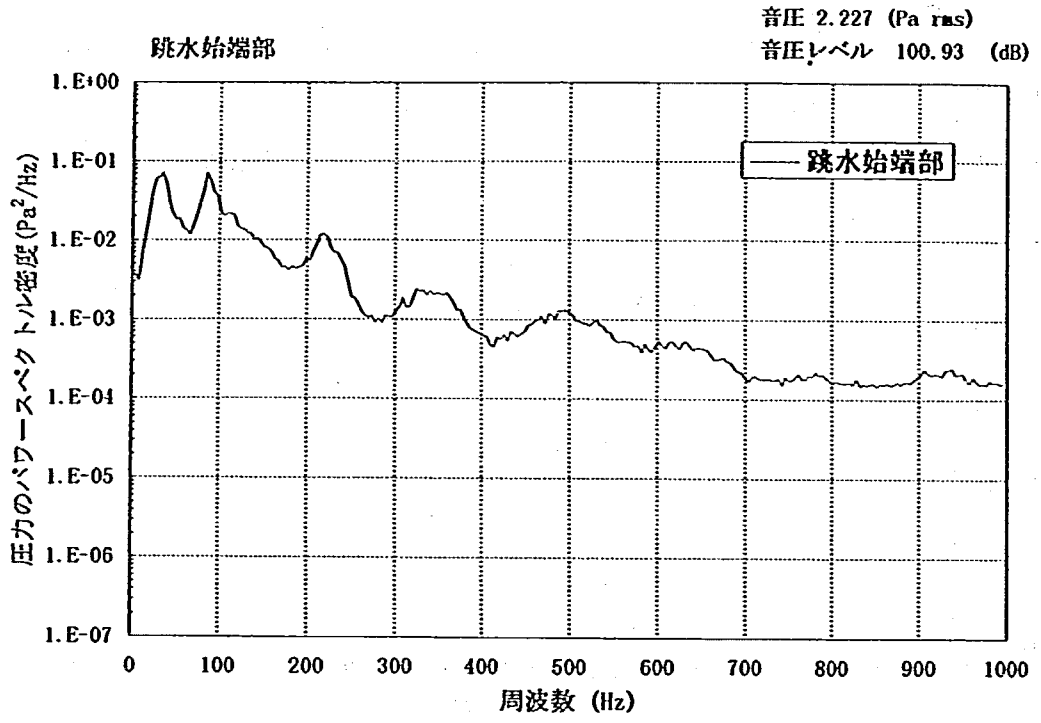
付図－6.78　圧力のパワースペクトル密度分布

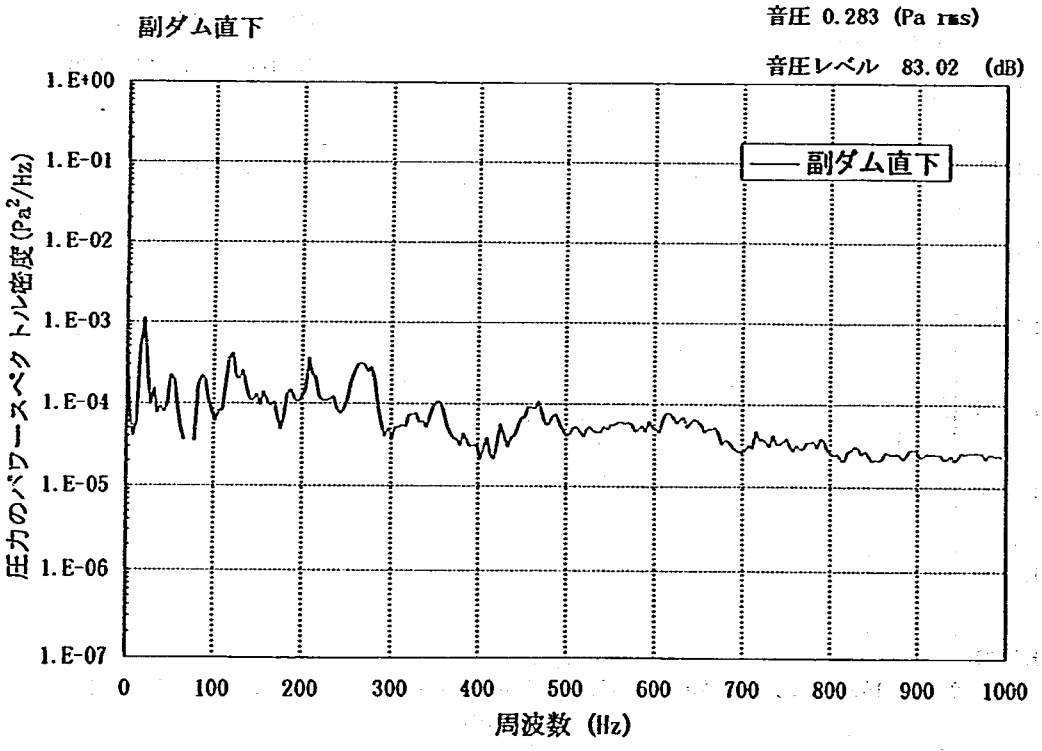




No.4-1-a(Data No.B07)
天端なし 副ダム高 0.87m
h1=6cm , Z=6.0m
吐出水脈圧 5.7 (cm)
作用水頭 Z=5.90 (m)
流量 Q= 78.8 (L/s)

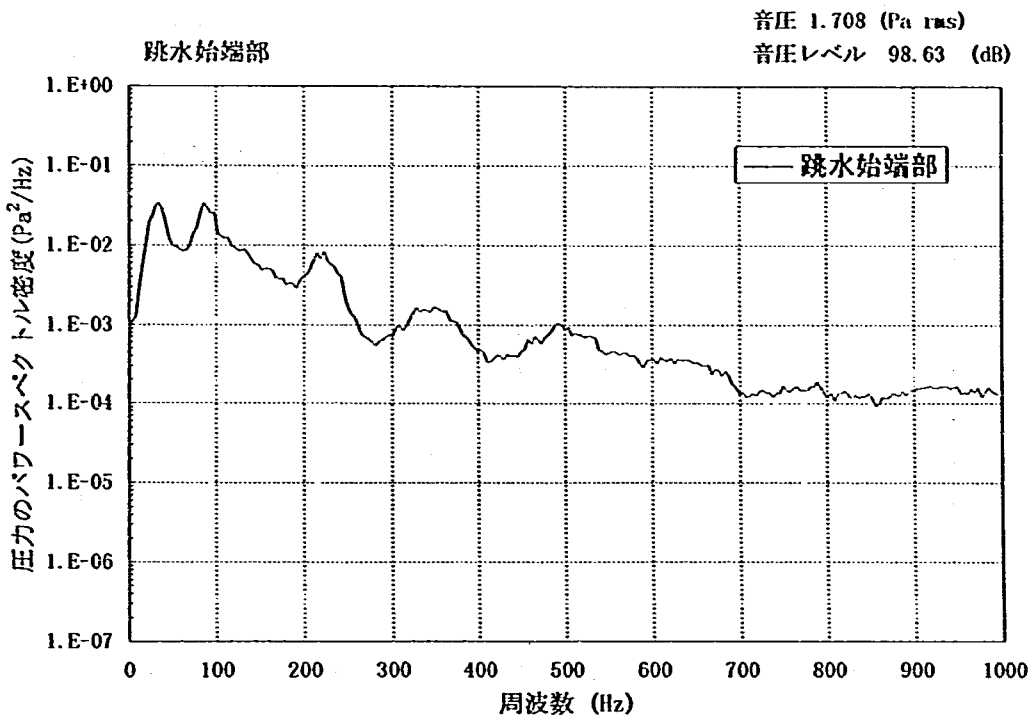
付図－6.79 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし、暗騒音補正後）

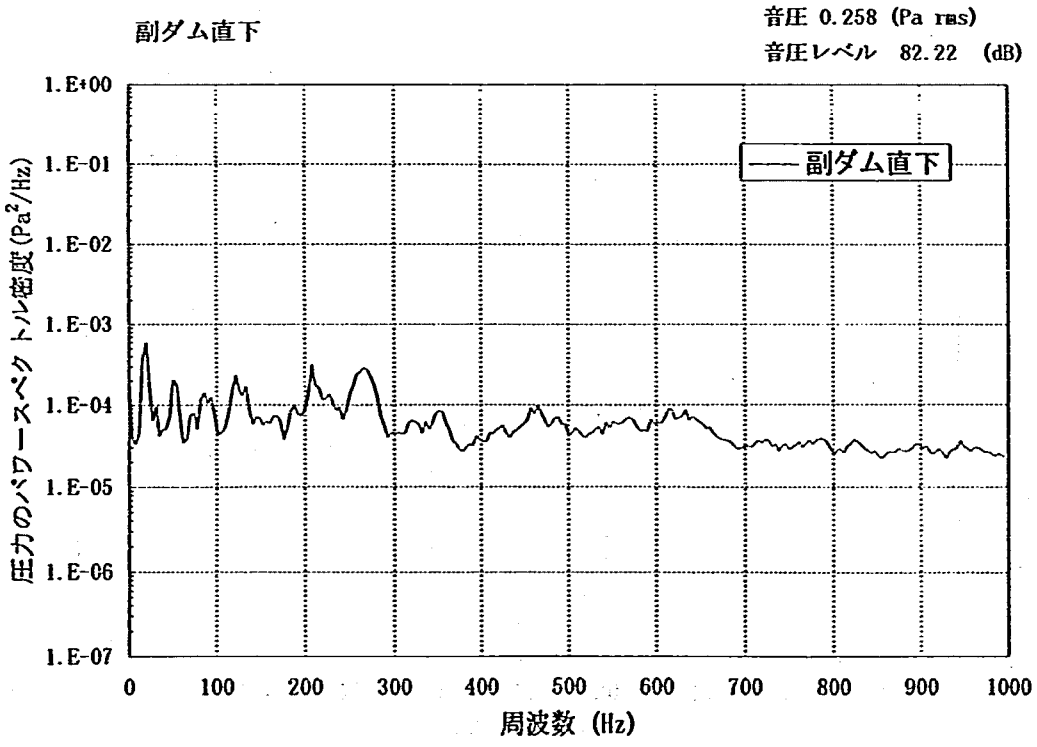




No.4-2-a(Data No.B08)
天端なし 副ダム高 0.87m
h1=6cm , Z=5.0m
吐出水脈圧 5.5 (cm)
作用水頭 Z=5.08 (m)
流量 Q= 66.2 (L/s)

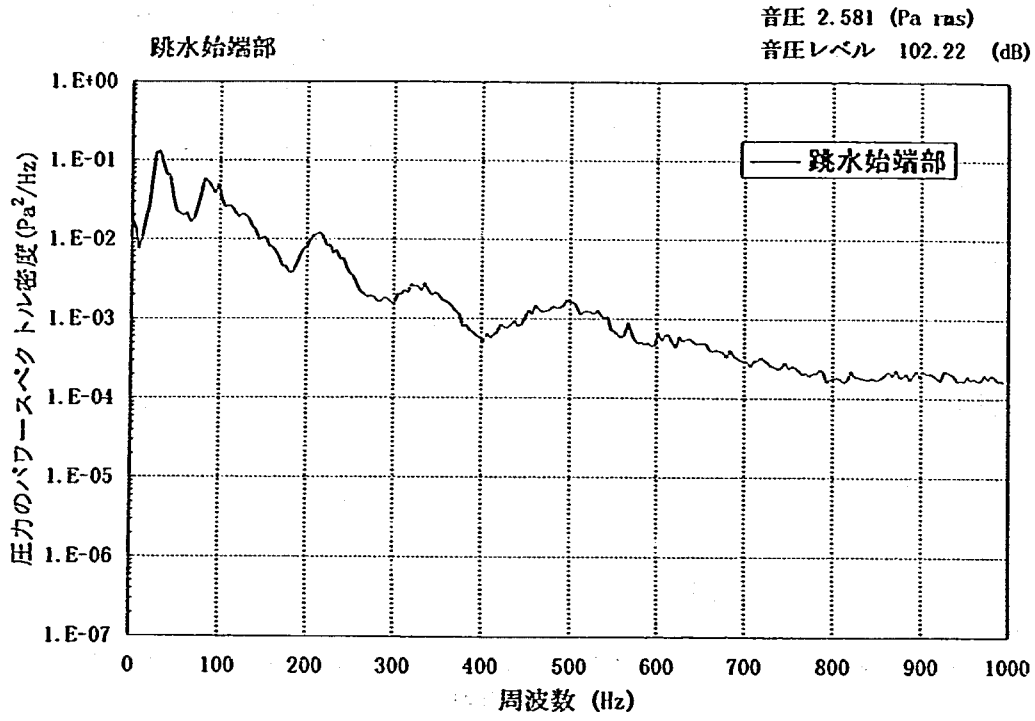
付図－6.80 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし、暗騒音補正後）

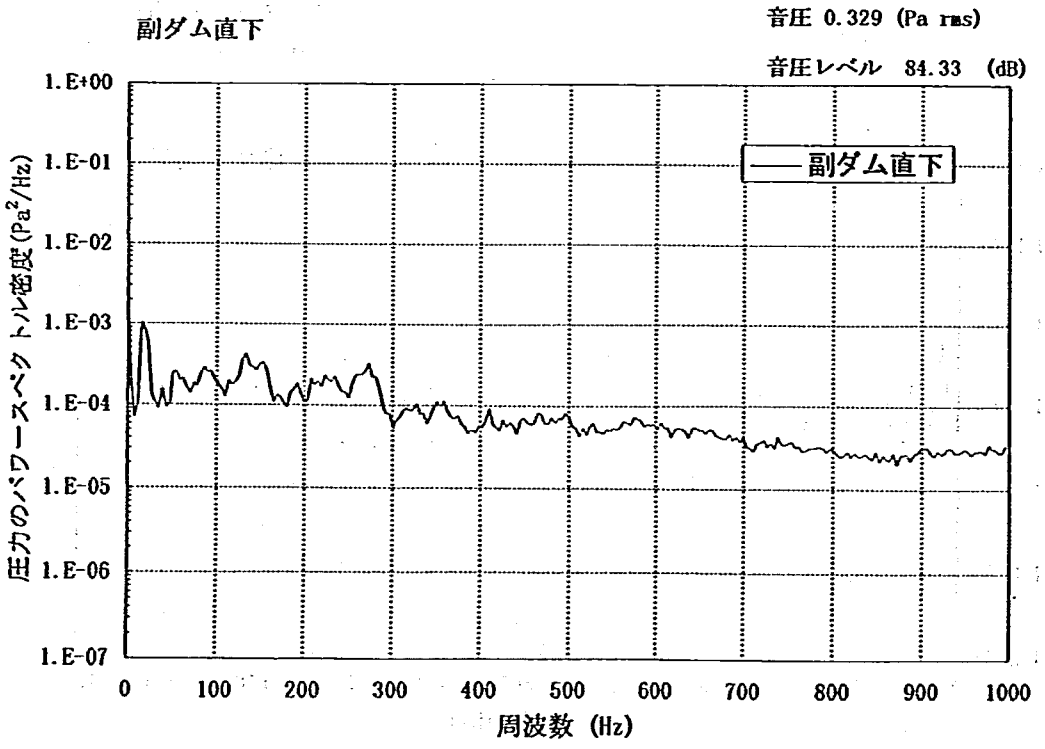




No.4-3-a(Data No.B09)
天端なし 副ダム高 0.87m
h1=6cm , Z=4.0m
吐出水脈圧 5.1 (cm)
作用水頭 Z=4.08 (m)
流量 Q= 50.6 (L/s)

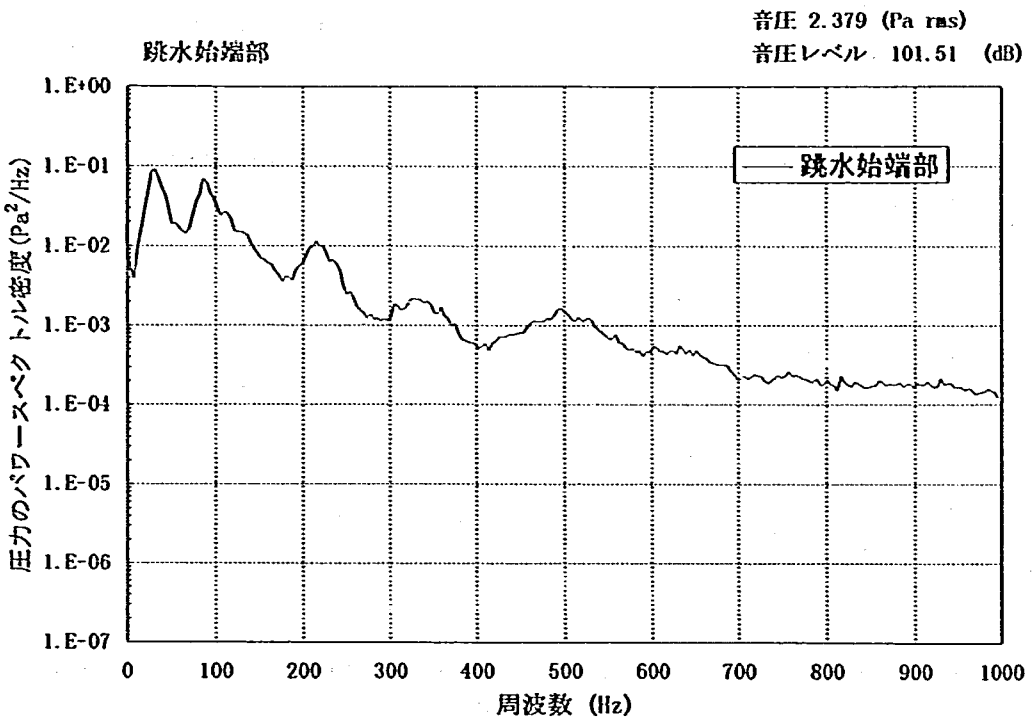
付図−6.81 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし、暗騒音補正後）

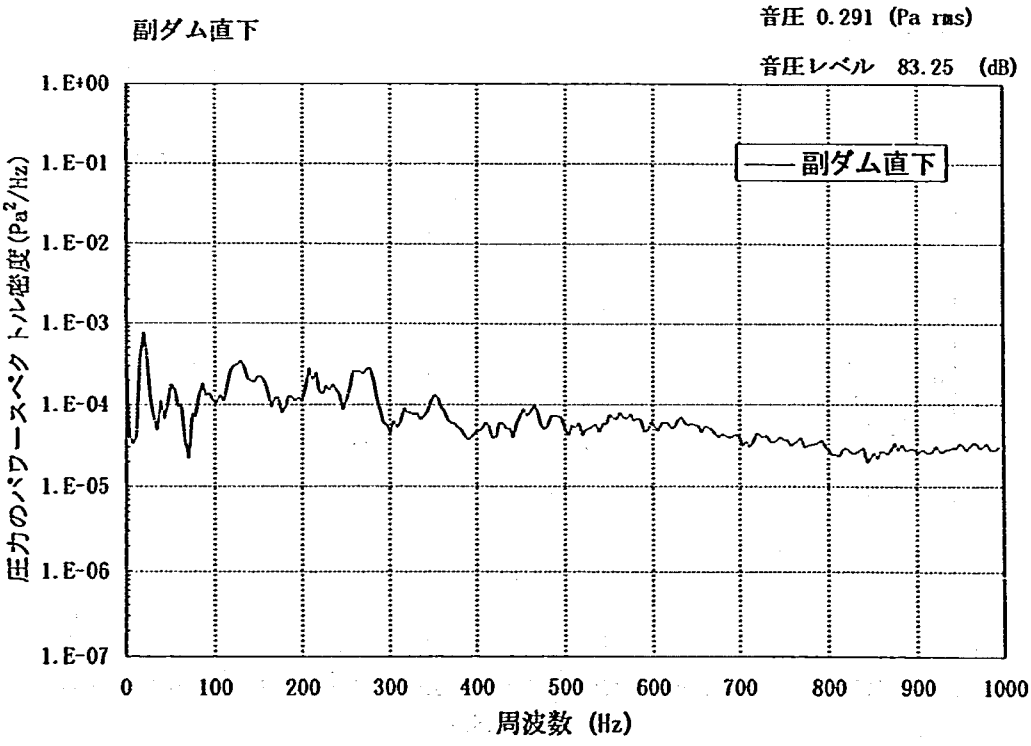




No.4-4-a(Data No.B04)
天端なし 副ダム高 0.87m
h1=8cm , Z=6.0m
吐出水脈圧 8.0 (cm)
作用水頭 Z=6.12 (m)
流量 Q= 107.4 (L/s)

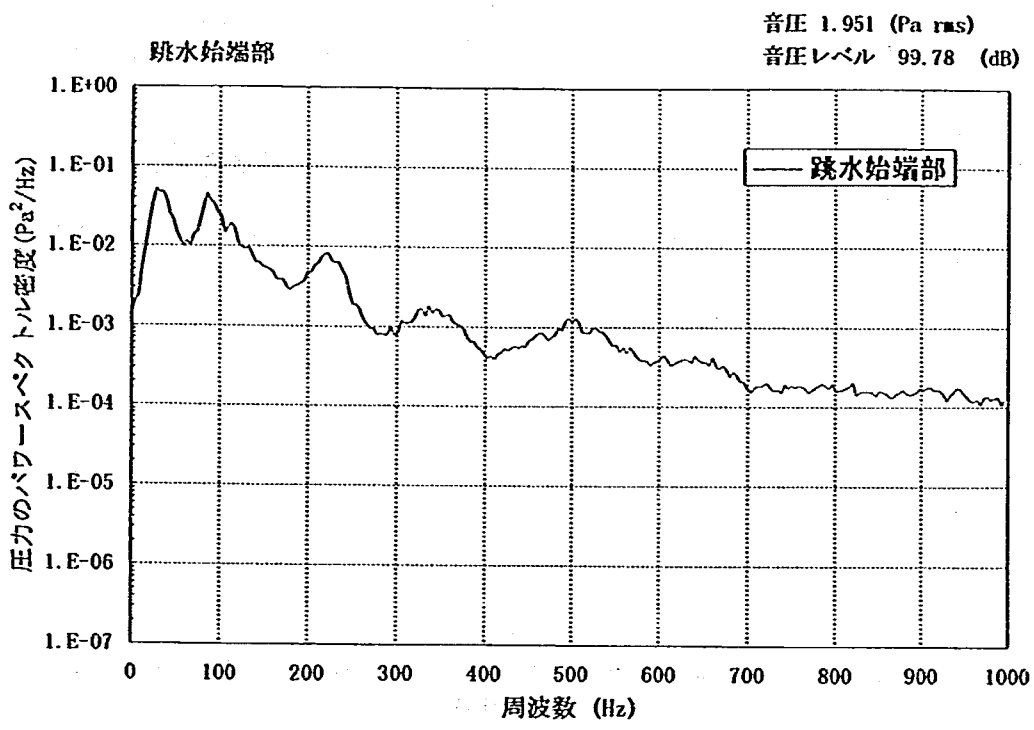
付図−6.82 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし、暗騒音補正後）

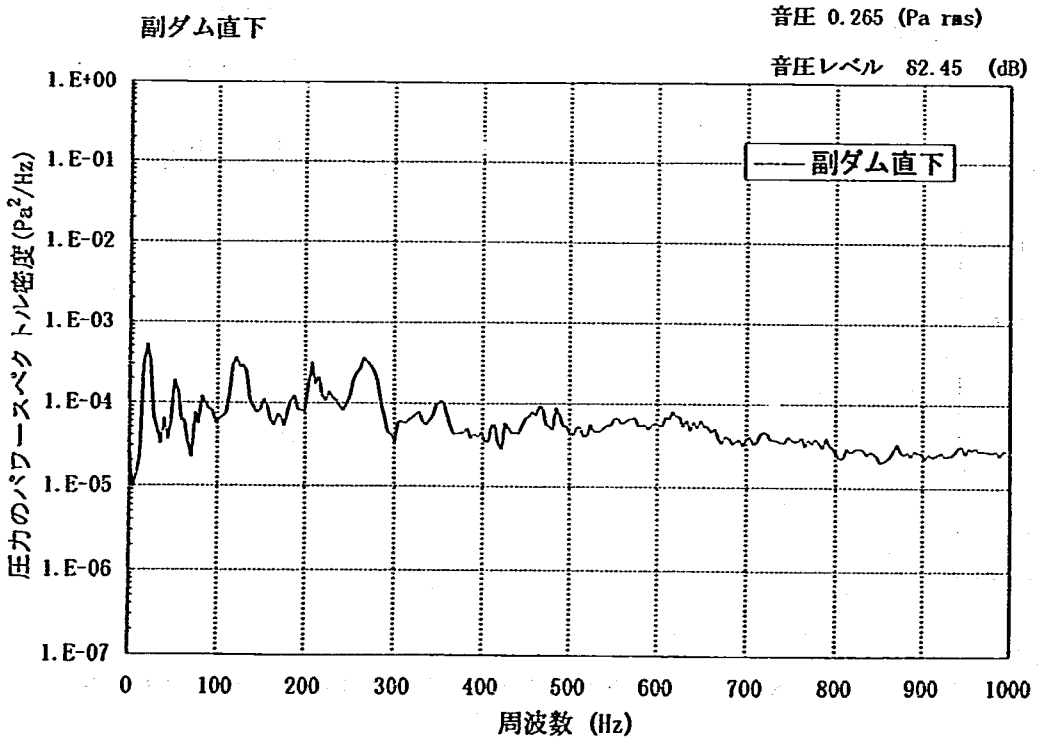




No.4-5-a(Data No.B05)
天端なし 副ダム高 0.87m
h1=8cm , Z=5.0m
吐出水脈圧 7.6 (cm)
作用水頭 Z=5.02 (m)
流量 Q= 89.4 (L/s)

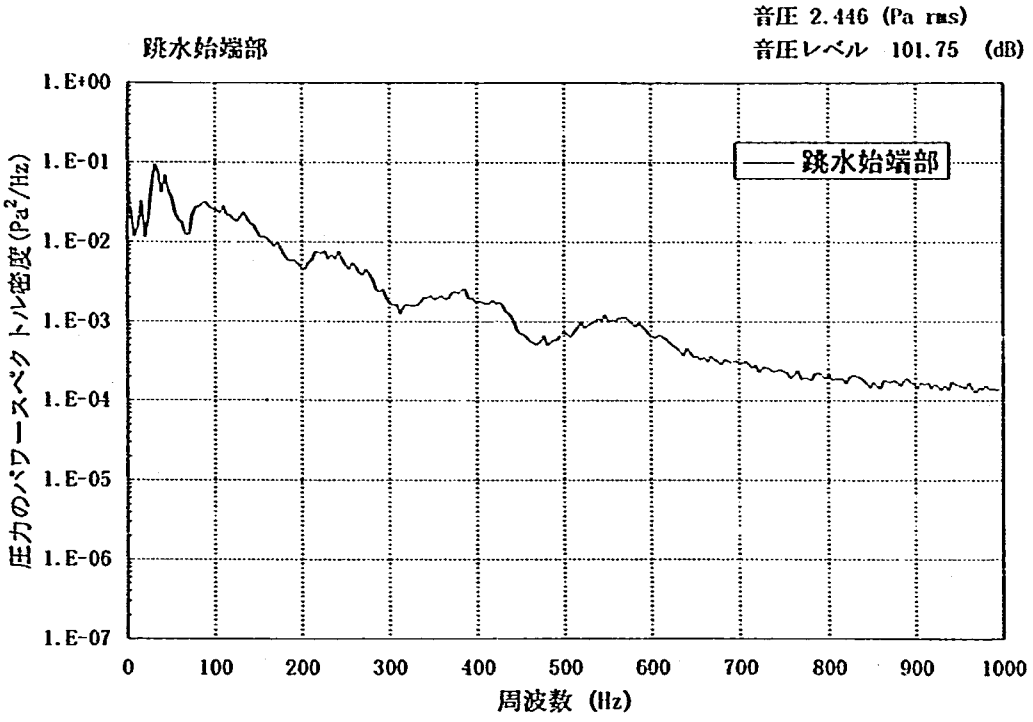
付図−6.83 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし、暗騒音補正後）

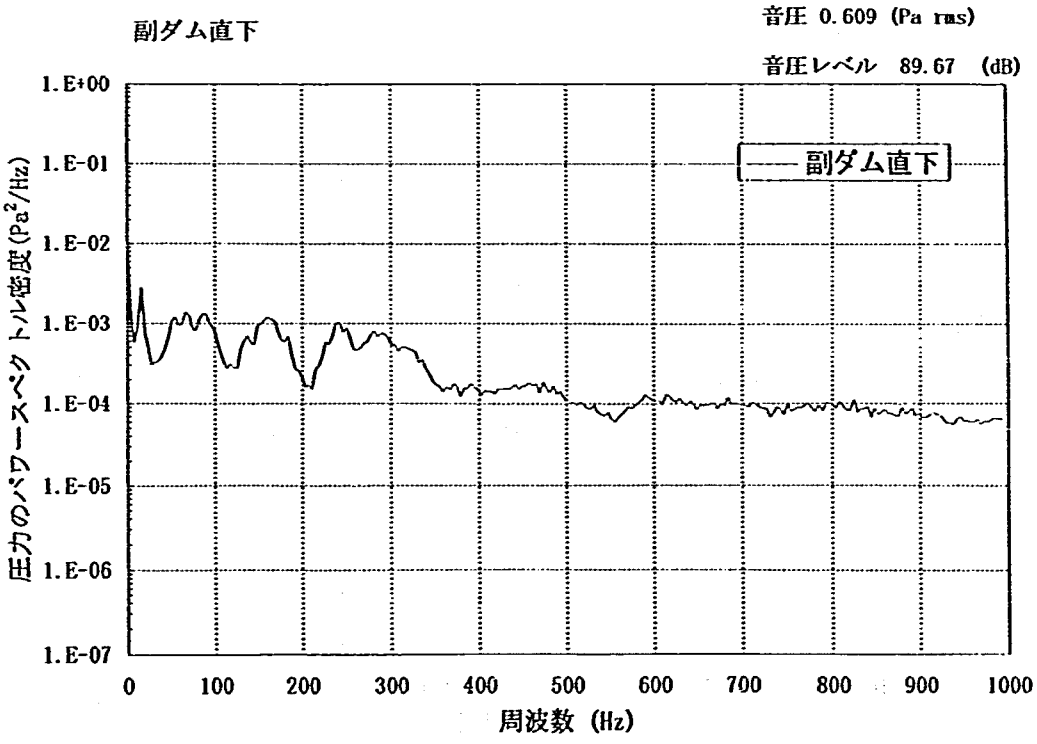




No.4-6-a(Data No.B06)
天端なし 副ダム高 0.87m
h1=8cm , Z=4.0m
吐出水脈圧 7.1 (cm)
作用水頭 Z=4.06 (m)
流量 Q= 67.2 (L/s)

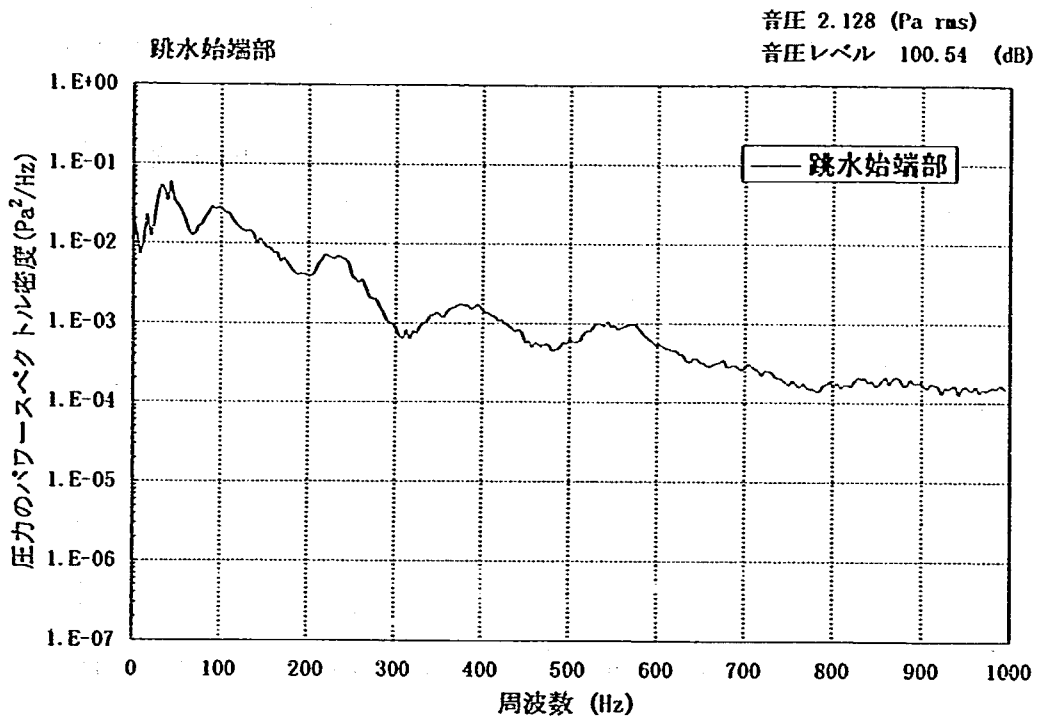
付図−6.84 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし、暗騒音補正後）

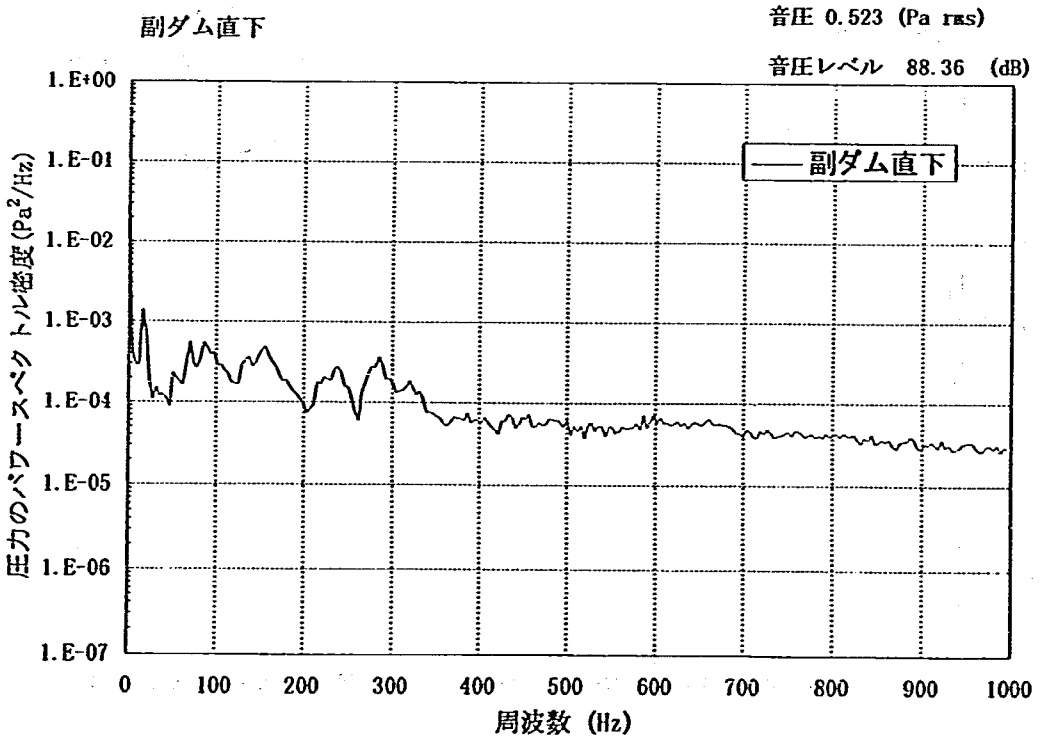




No.4-7-a(Data No.B01)
天端なし 副ダム高 0.87m
h1=12cm , Z=6.0m
吐出水脈圧 11.7 (cm)
作用水頭 Z=6.07 (m)
流量 Q= 156.0 (L/s)

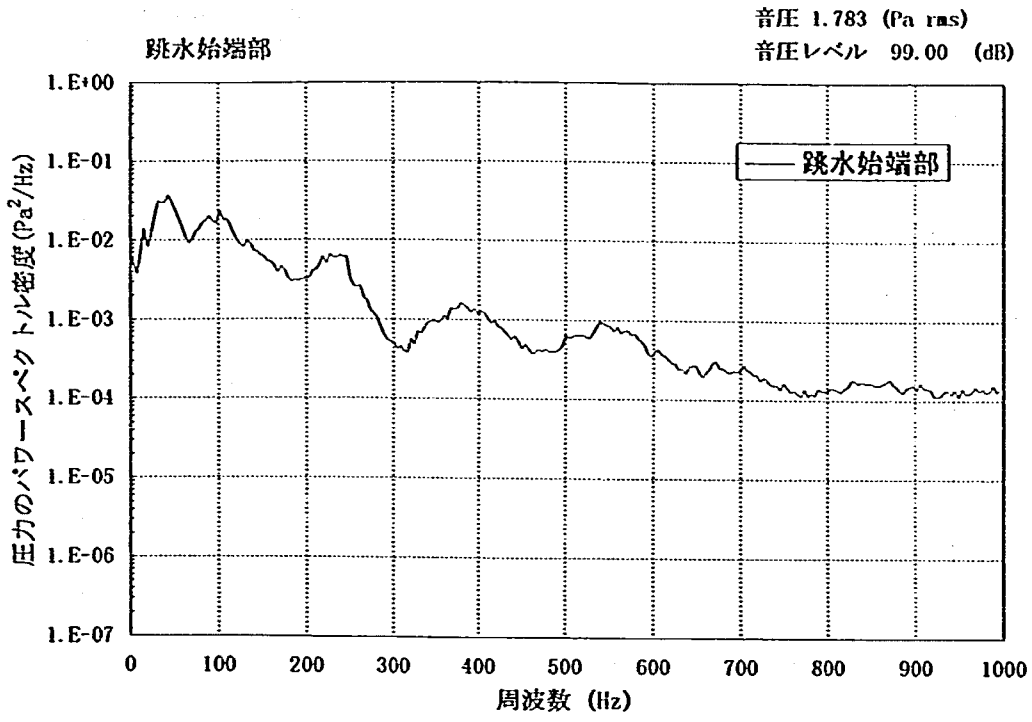
付図−6.85 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし、暗騒音補正後）

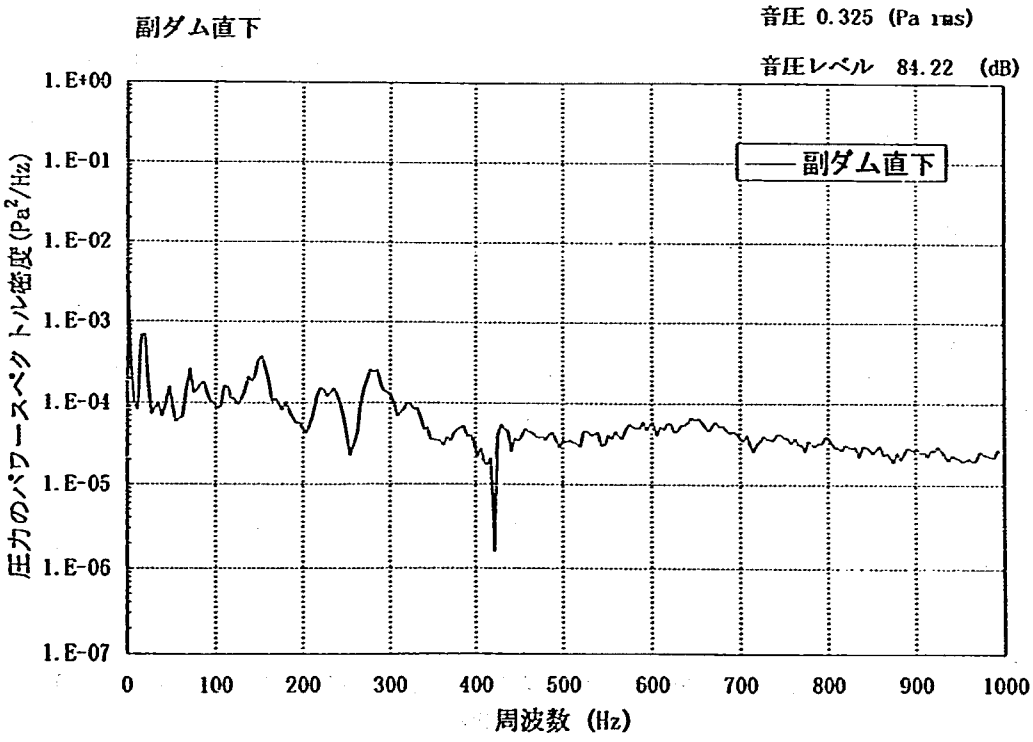




No.4-8-a(Data No.B02)
天端なし 副ダム高 0.87m
h1=12cm , Z=5.0m
吐出水脈圧 11.4 (cm)
作用水頭 Z=4.92 (m)
流量 Q= 128.4 (L/s)

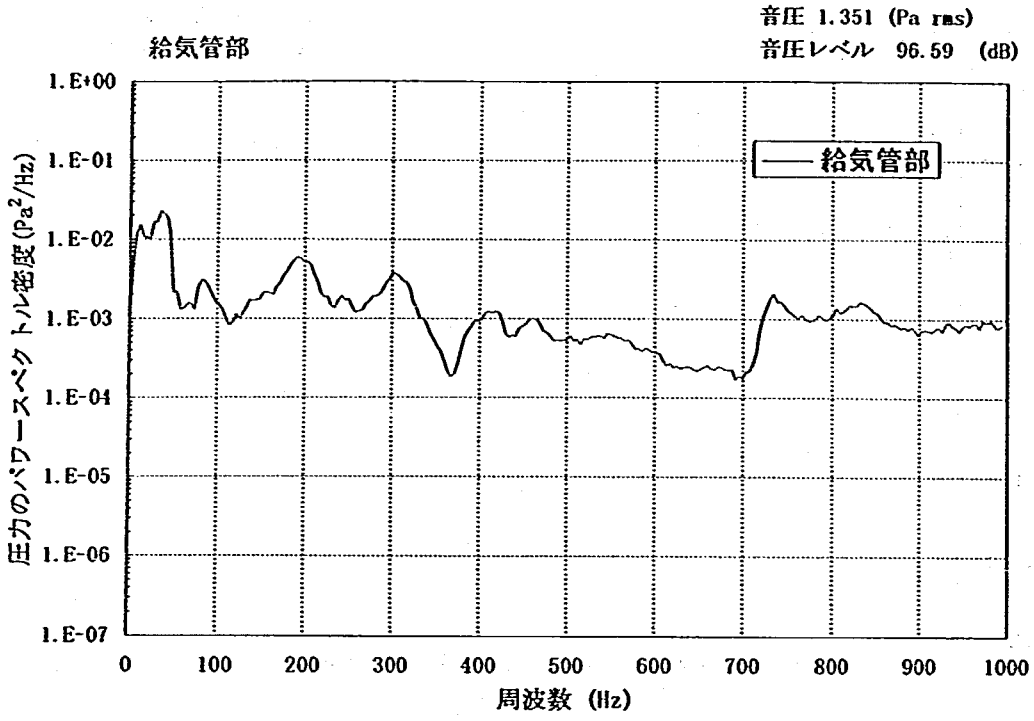
付図－6.86 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし、暗騒音補正後）

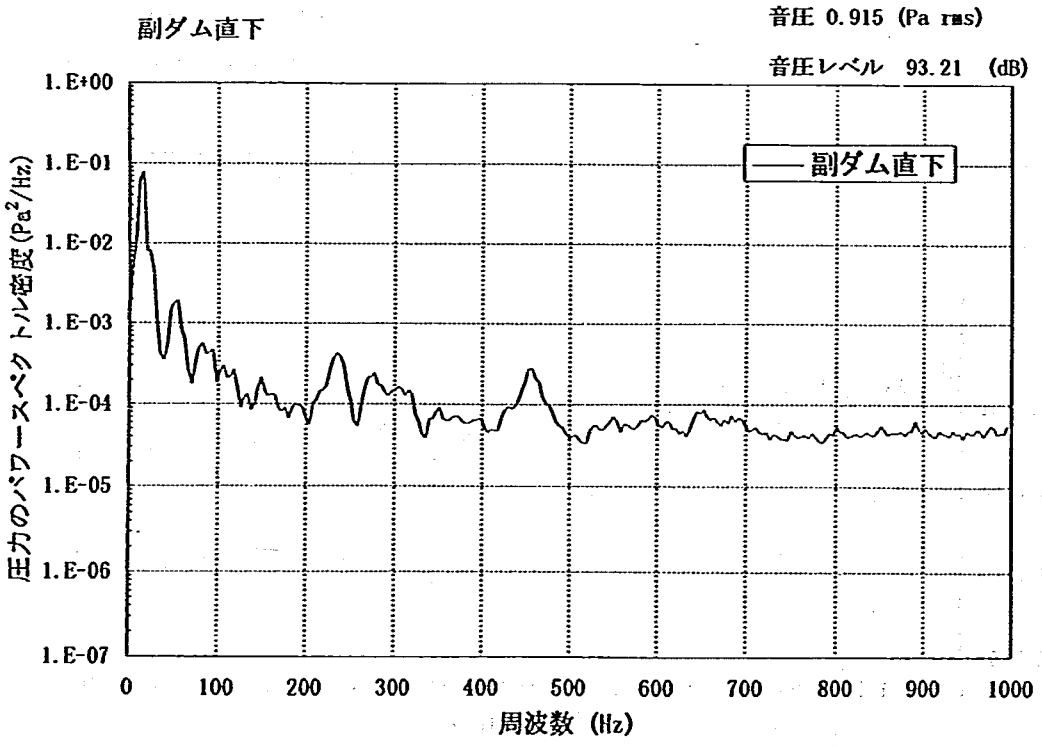




No.4-9-a(Data No.B03)
天端なし 副ダム高 0.87m
h1=12cm , Z=4.0m
吐出水脈圧 10.4 (cm)
作用水頭 Z=3.99 (m)
流量 Q= 94.5 (L/s)

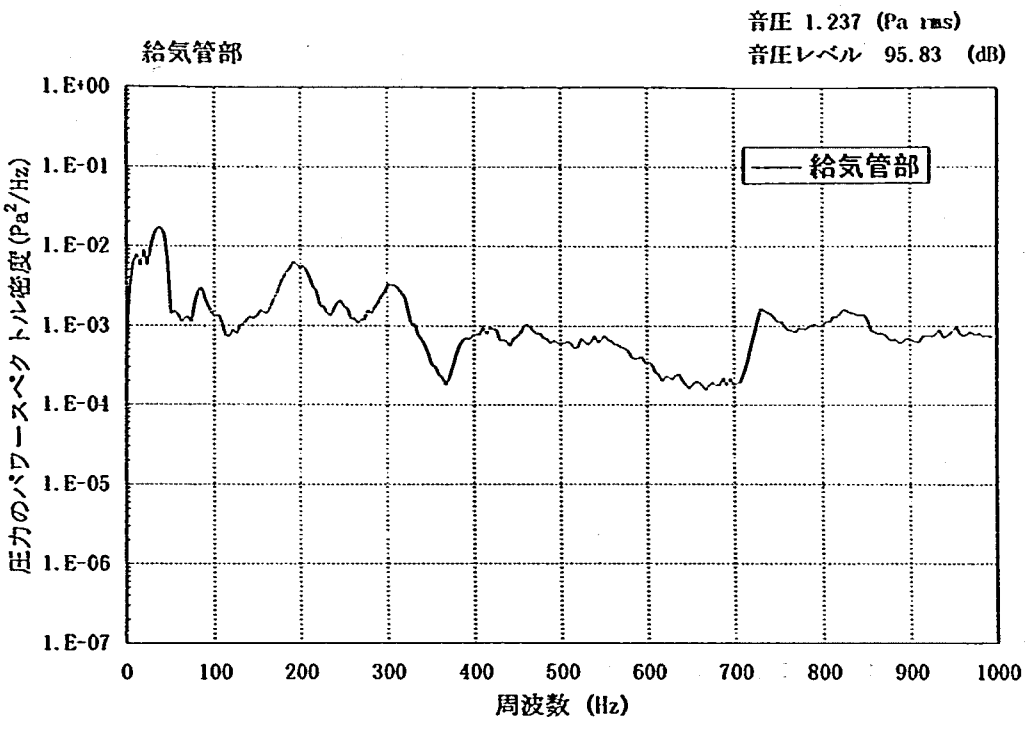
付図－6.87 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタなし、暗騒音補正後）

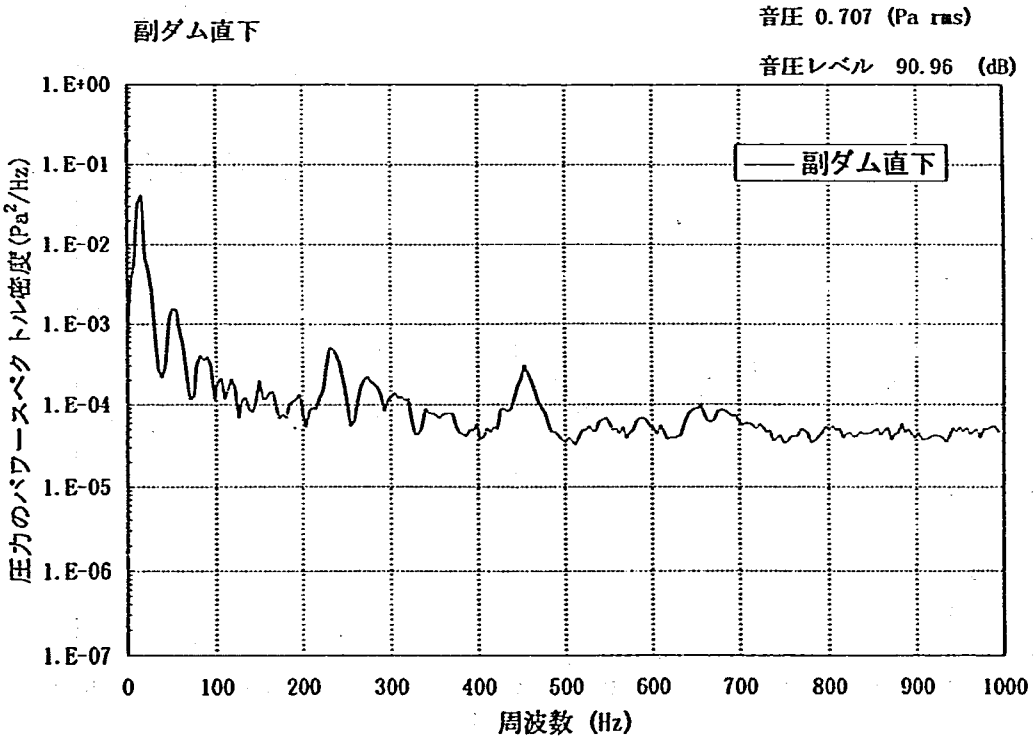




No.4-1-b(Data No.A07)
天端あり 副ダム高 0.87m
h1=6cm , Z=6.0m
吐出水脈圧 5.7 (cm)
作用水頭 Z=5.95 (m)
流量 Q= 79.5 (L/s)

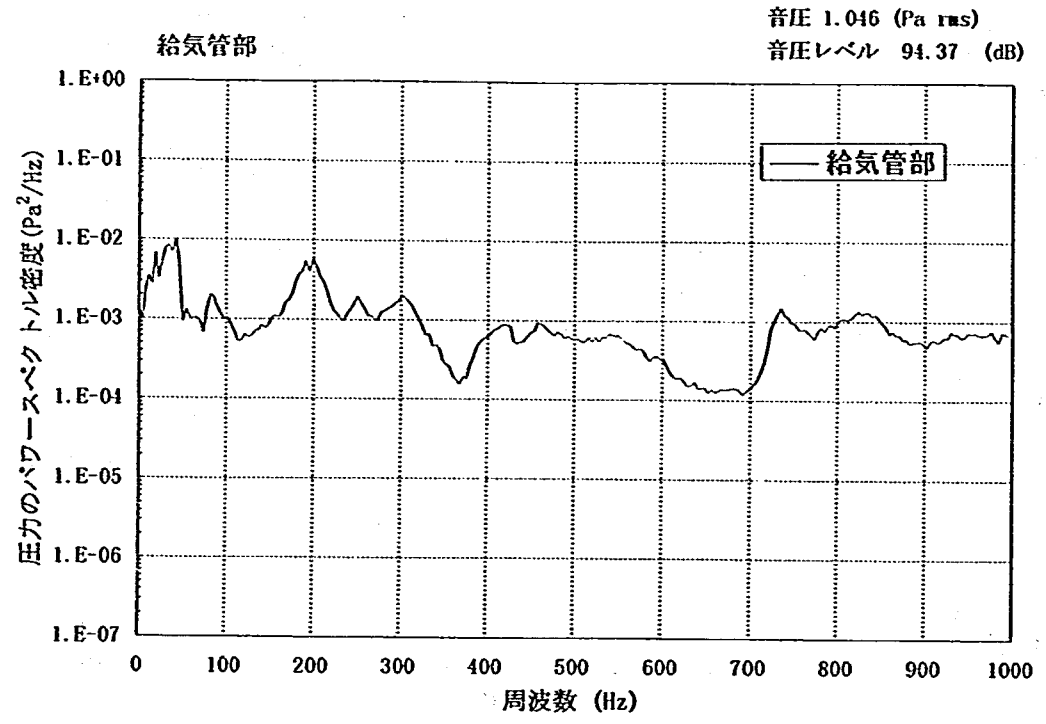
付図−6.88 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり、暗騒音補正後）

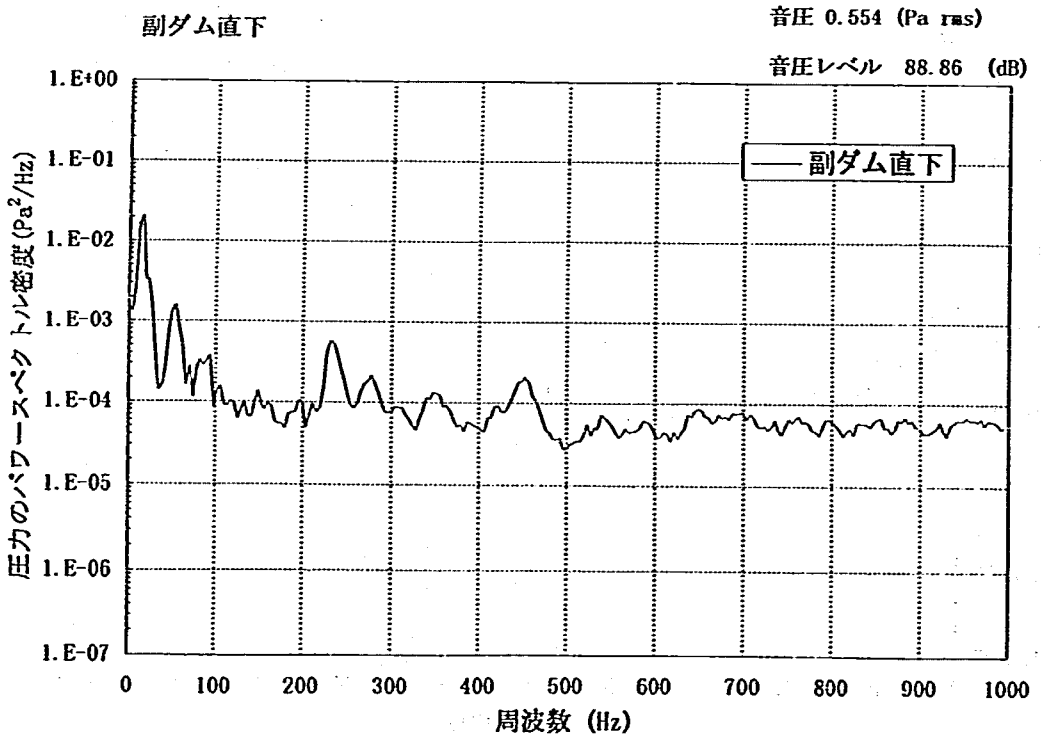




No.4-2-b(Data No.A08)
天端あり 副ダム高 0.87m
h1=6cm , Z=5.0m
吐出水脈圧 5.5 (cm)
作用水頭 Z=5.11 (m)
流量 Q= 66.2 (L/s)

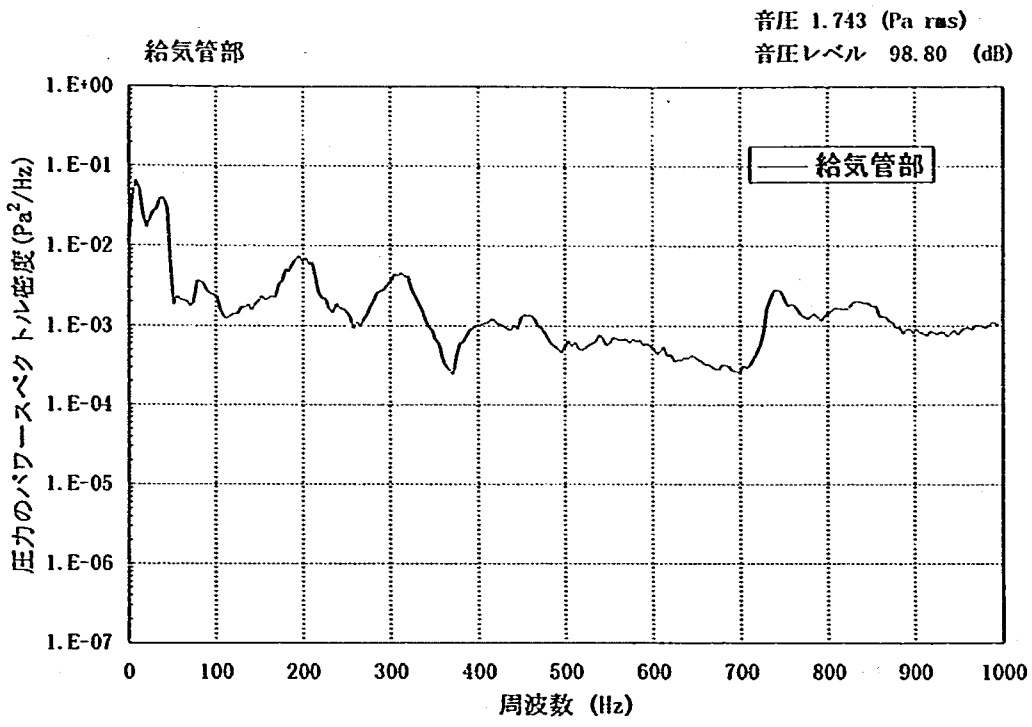
付図−6.89 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり、暗騒音補正後）

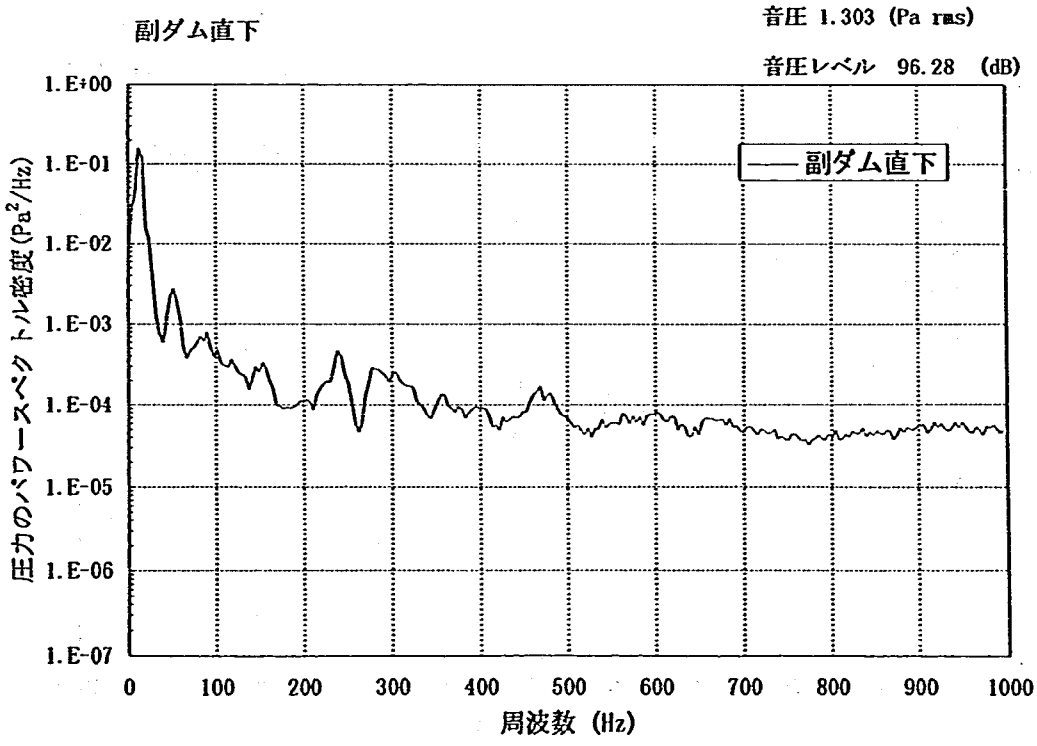




No.4-3-b(Data No.A09)
天端あり 副ダム高 0.87m
h1=6cm , Z=4.0m
吐出水脈圧 5.1 (cm)
作用水頭 Z=4.08 (m)
流量 Q= 51.6 (L/s)

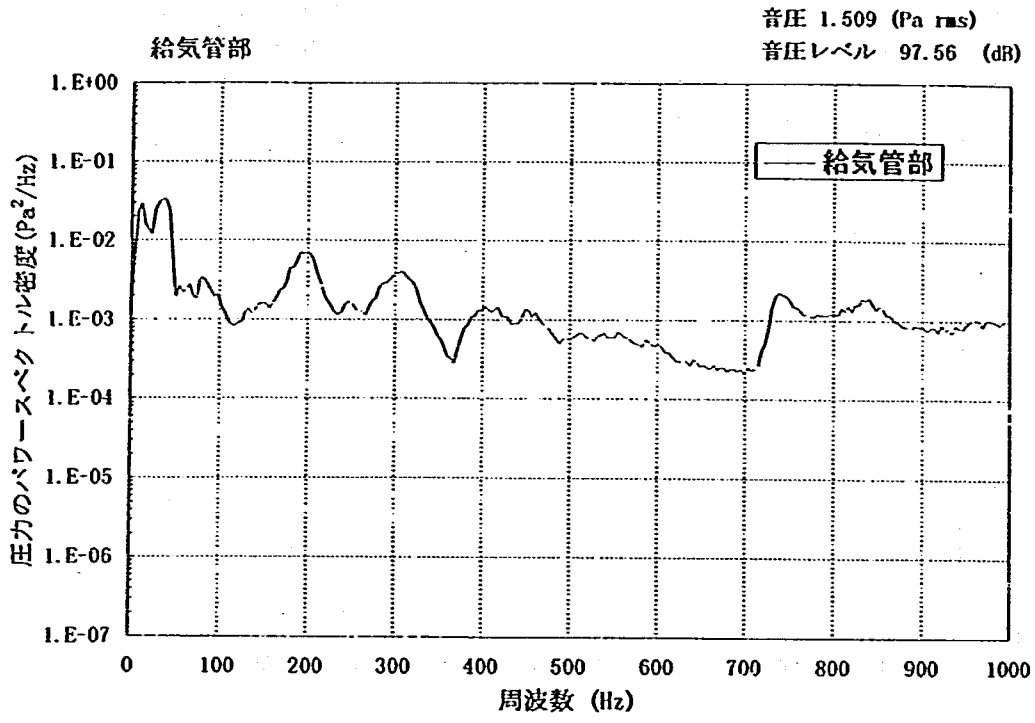
付図－6.90 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり、暗騒音補正後）

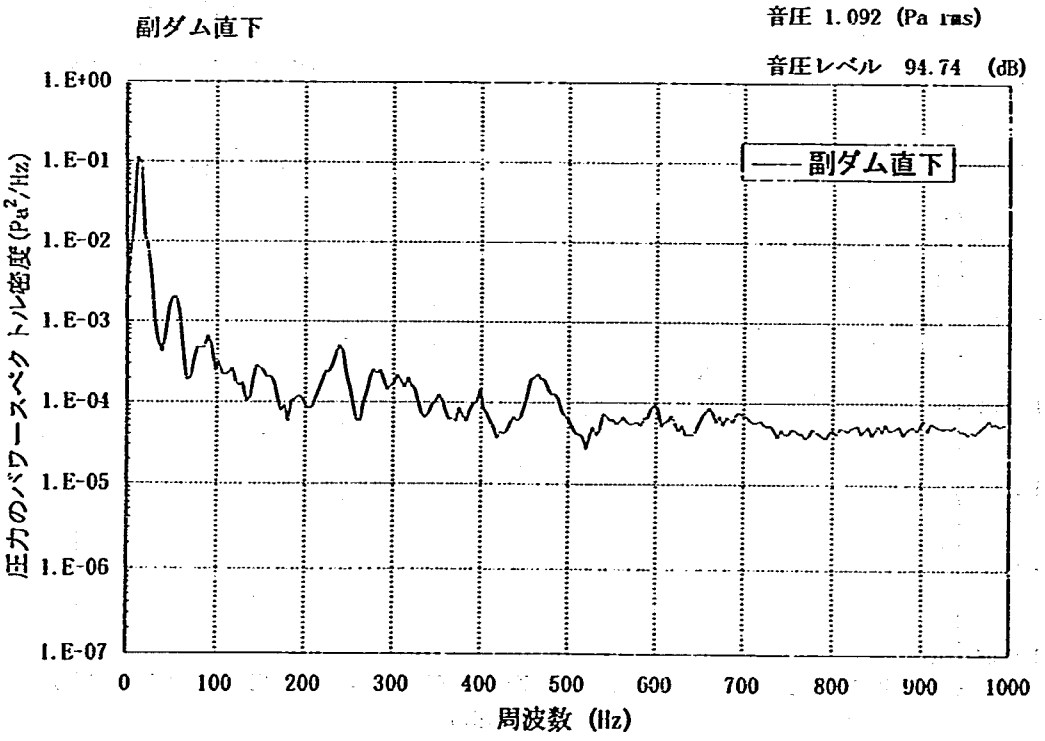




No.4-4-b(Data No.A04)
天端あり 副ダム高 0.87m
h1=8cm , Z=6.0m
吐出水脈圧 8. (cm)
作用水頭 Z=6.05 (m)
流量 Q= 106.9 (L/s)

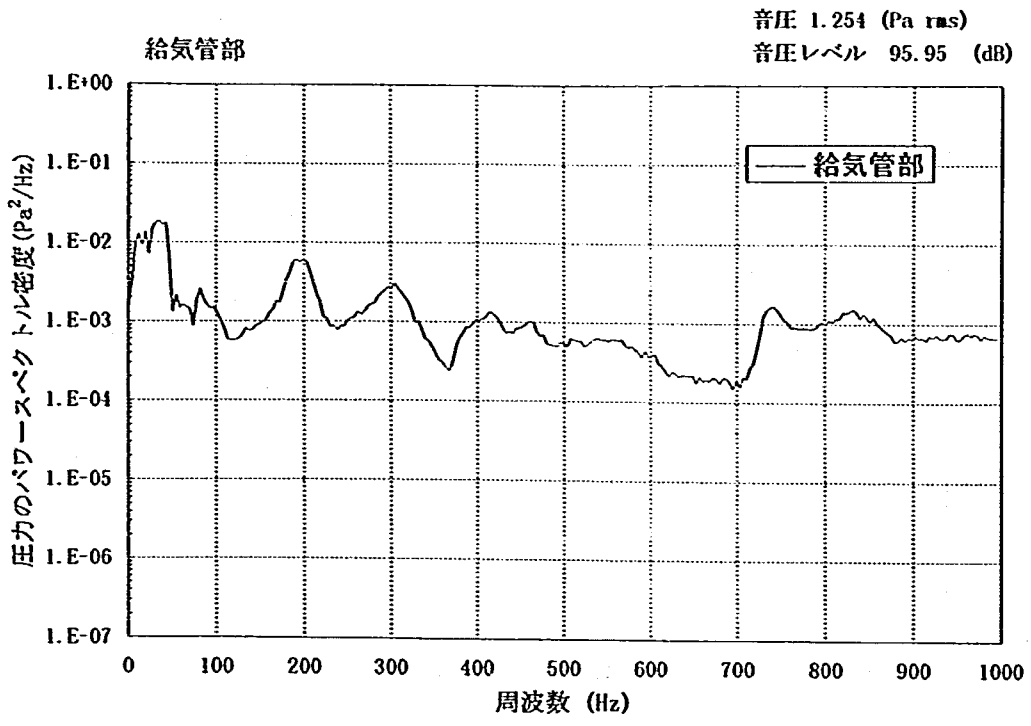
付図−6.91 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり、暗騒音補正後）

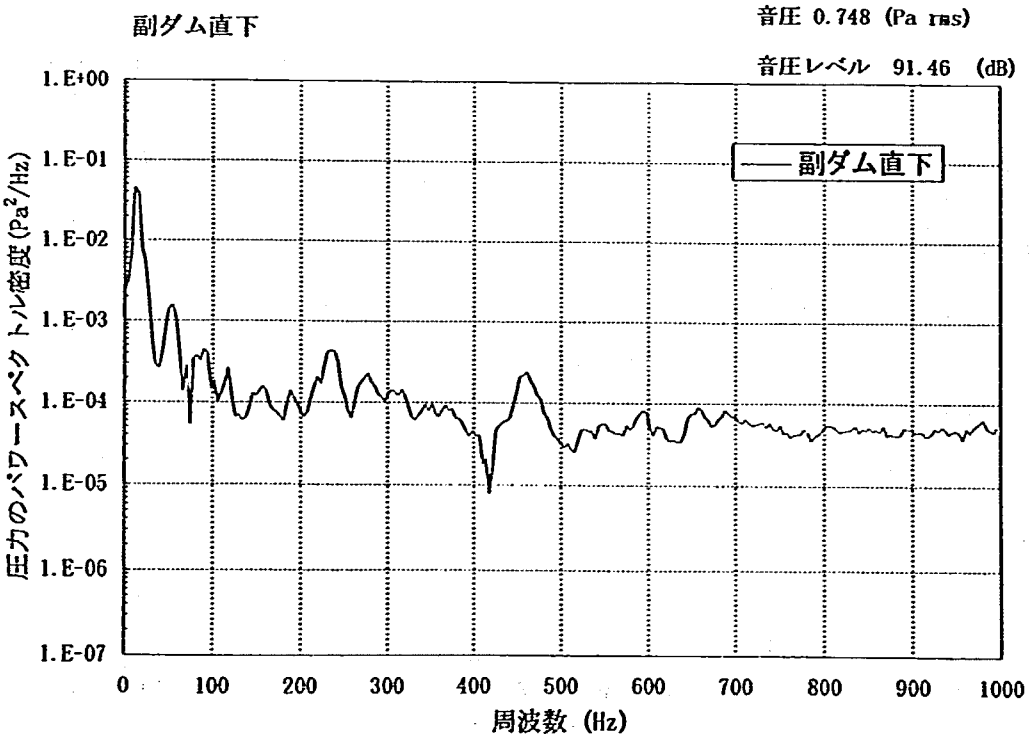




No.4-5-b(Data No.A05)
天端あり 副ダム高 0.87m
h1=8cm , Z=5.0m
吐出水脈圧 7.6 (cm)
作用水頭 Z=5.03 (m)
流量 Q= 89.0 (L/s)

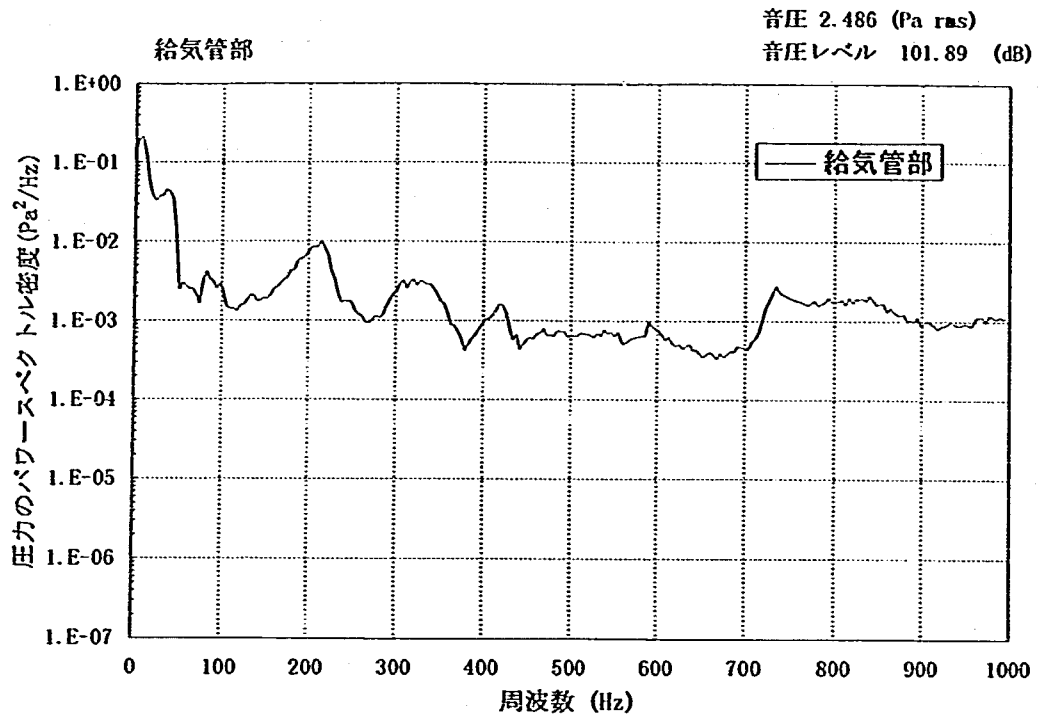
付図−6.92 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり、暗騒音補正後）

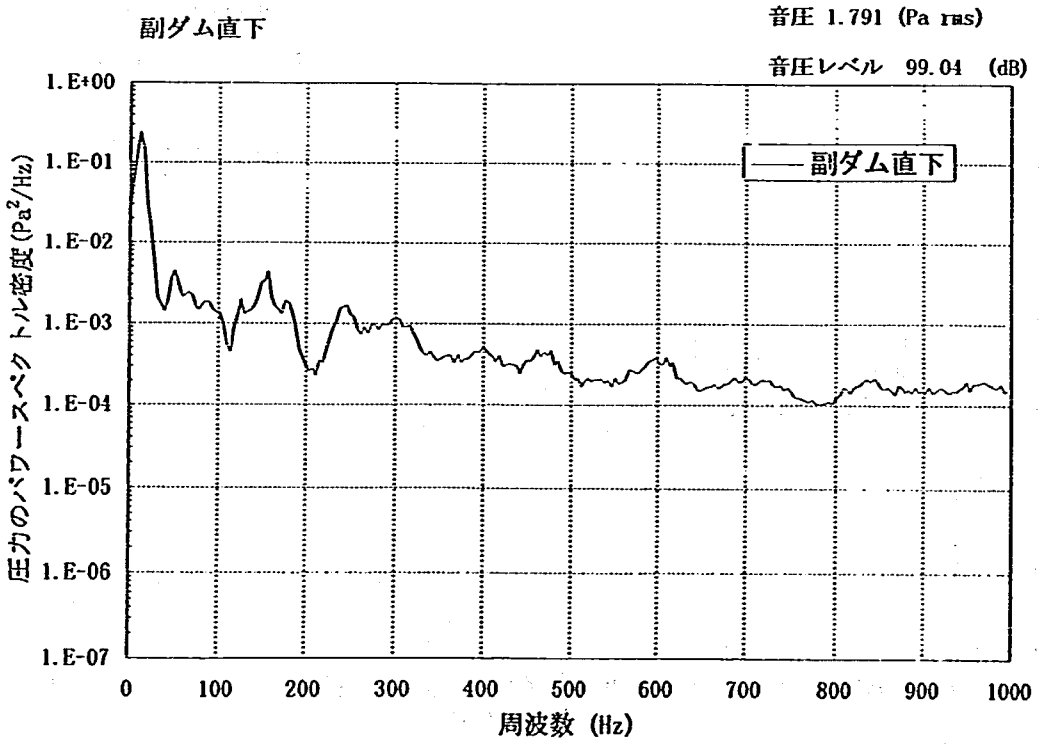




No.4-6-b(Data No.A06)
天端あり 副ダム高 0.87m
h1=8cm , Z=4.0m
吐出水脈圧 7.1 (cm)
作用水頭 Z=4.05 (m)
流量 Q= 68.0 (L/s)

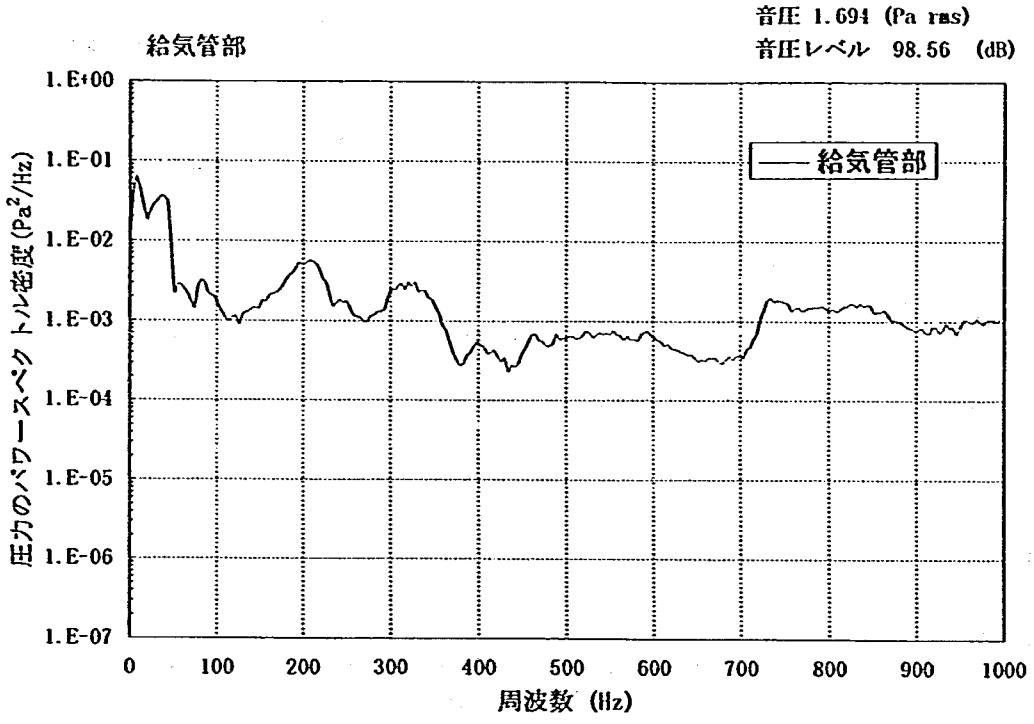
付図－6.93 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり、暗騒音補正後）

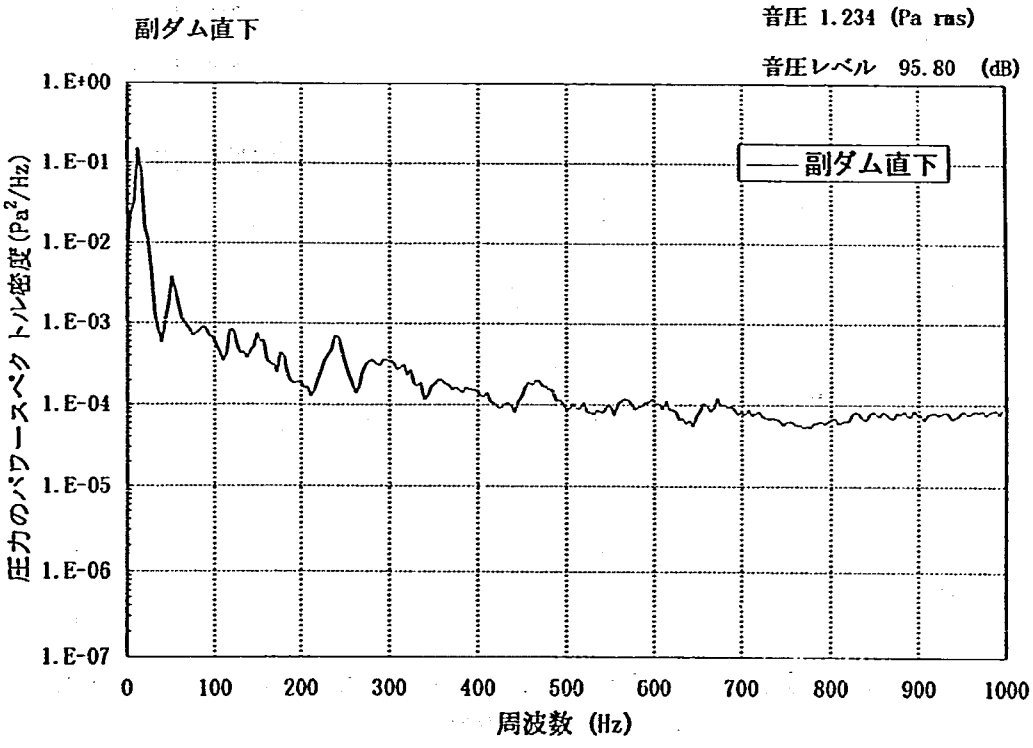




No.4-7-b(Data No.A01)
天端あり 副ダム高 0.87m
h1=12cm , Z=6.0m
吐出水脈圧 11.7 (cm)
作用水頭 Z=6.075 (m)
流量 Q= 156.5 (L/s)

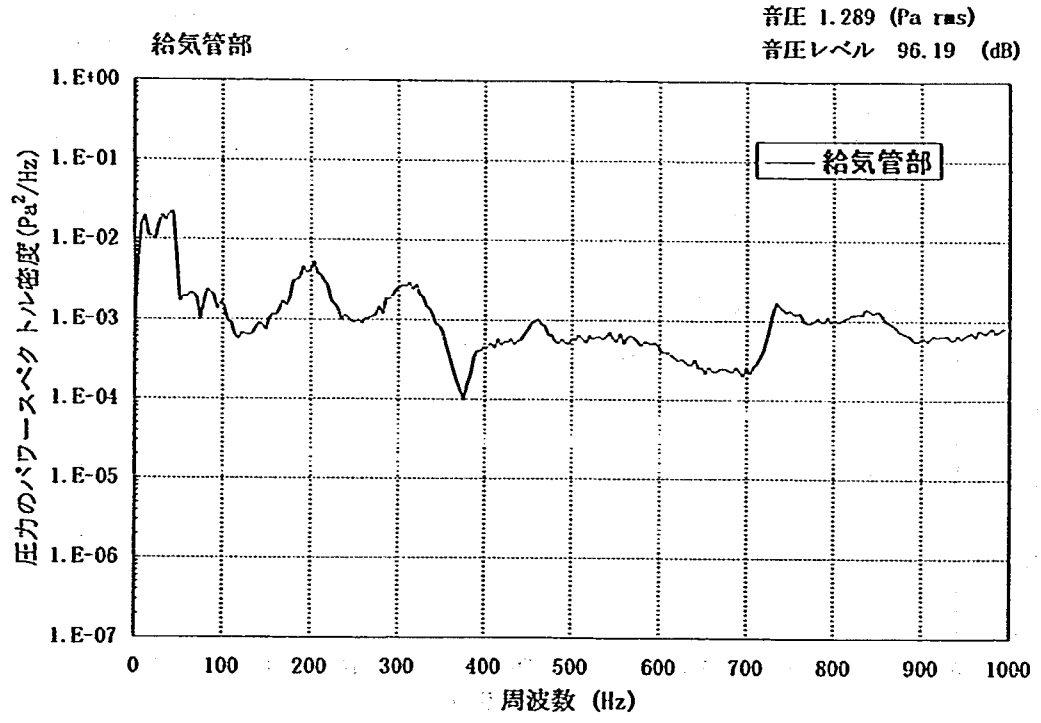
付図－6.94 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり、暗騒音補正後）

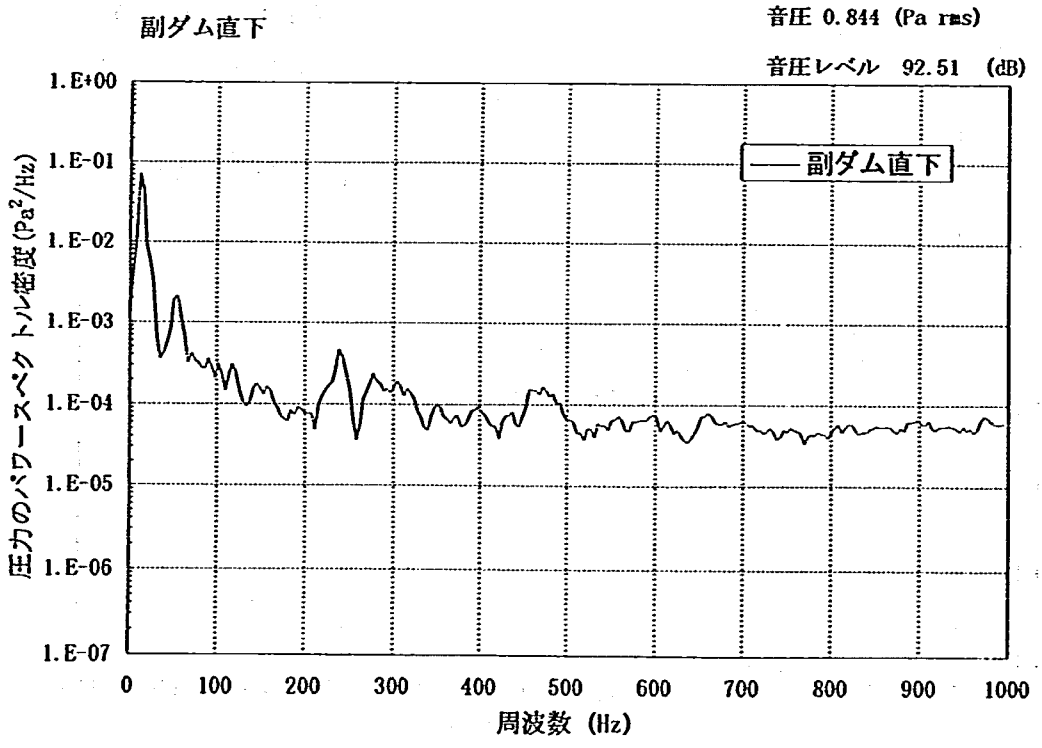




No.4-8-b(Data No.A02)
天端あり 副ダム高 0.87m
h1=12cm , Z=5.0m
吐出水脈圧 11.4 (cm)
作用水頭 Z=5.11 (m)
流量 Q= 131.5 (L/s)

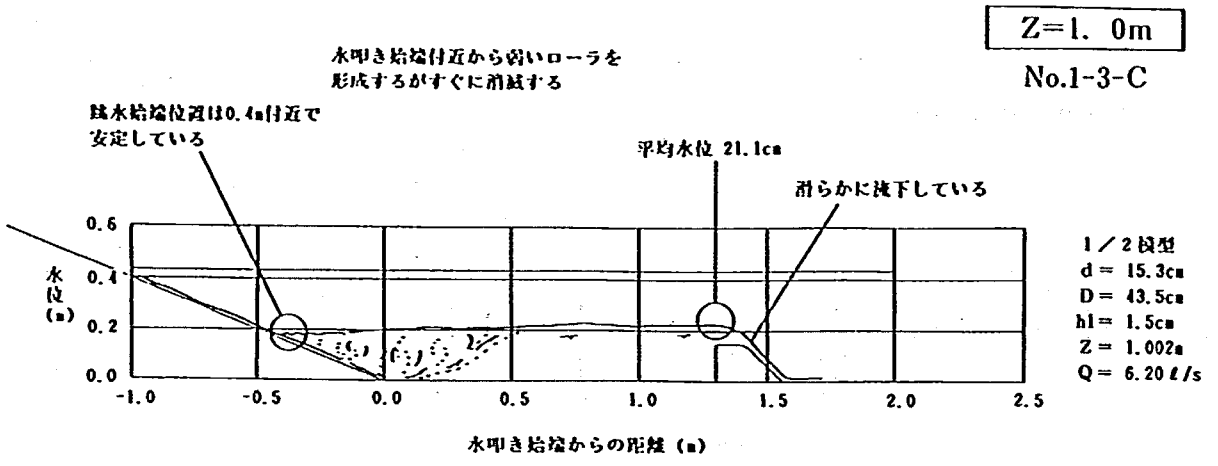
付図－6.95 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり、暗騒音補正後）

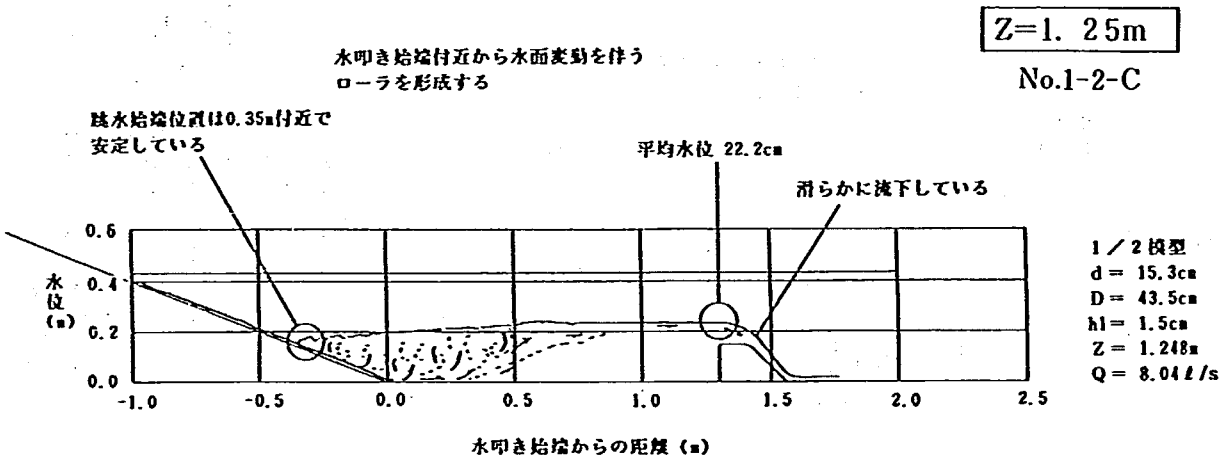


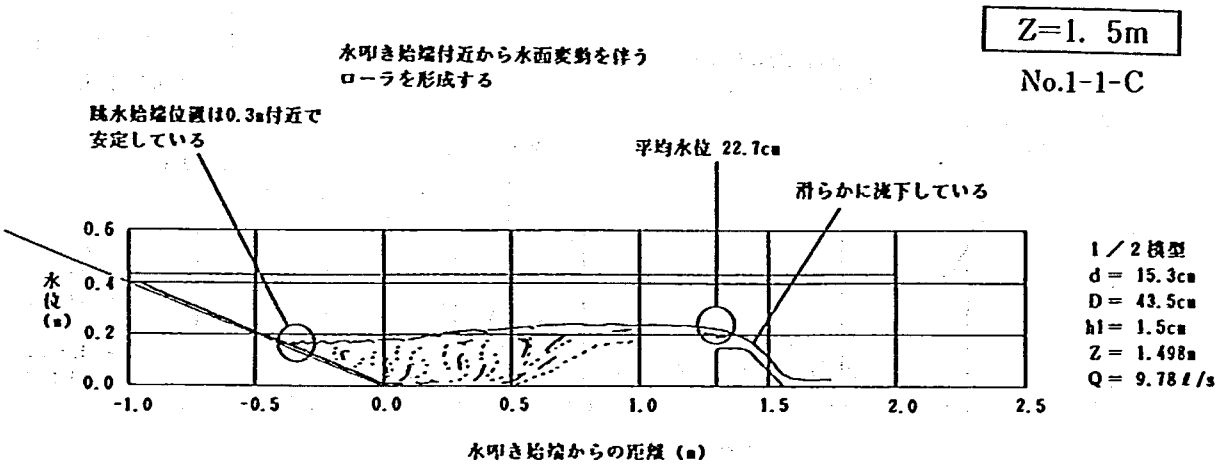


No.4-9-b(Data No.A03)
天端あり 副ダム高 0.87m
h1=12cm , Z=4.0m
吐出水脈圧 10.4 (cm)
作用水頭 Z=4.10 (m)
流量 Q= 98.9 (L/s)

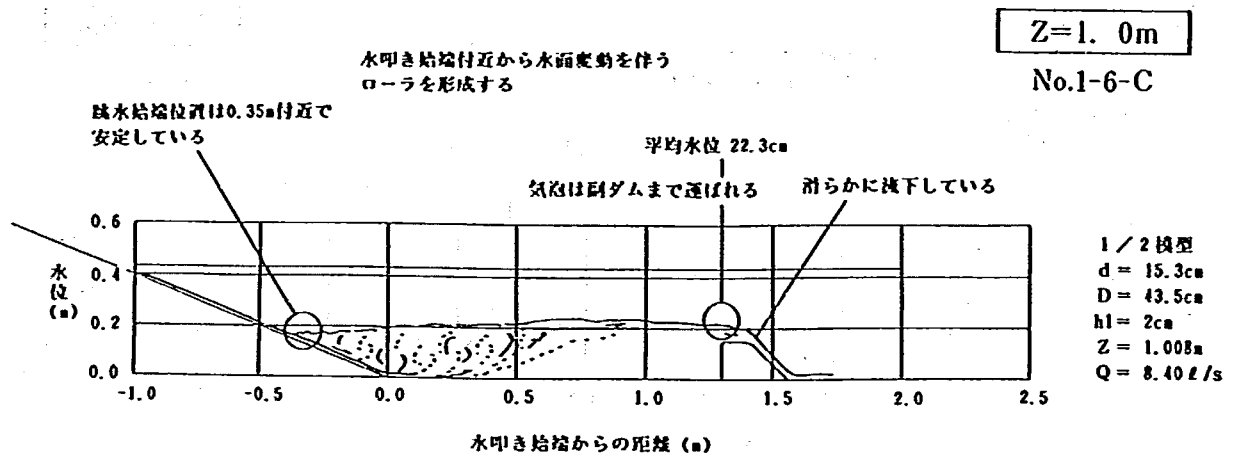
付図－6.96 圧力パワースペクトル密度分布（上ブタあり、暗騒音補正後）

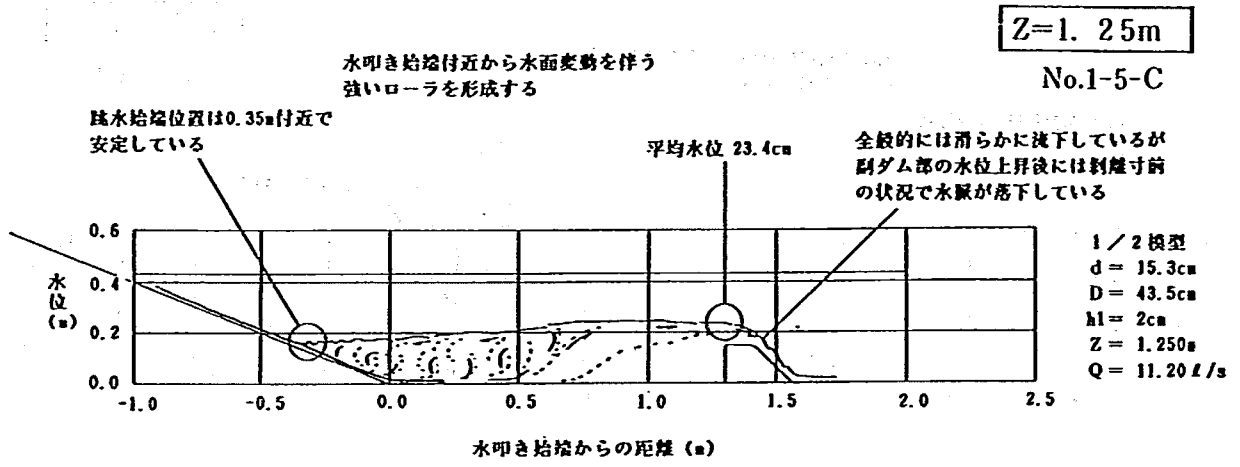


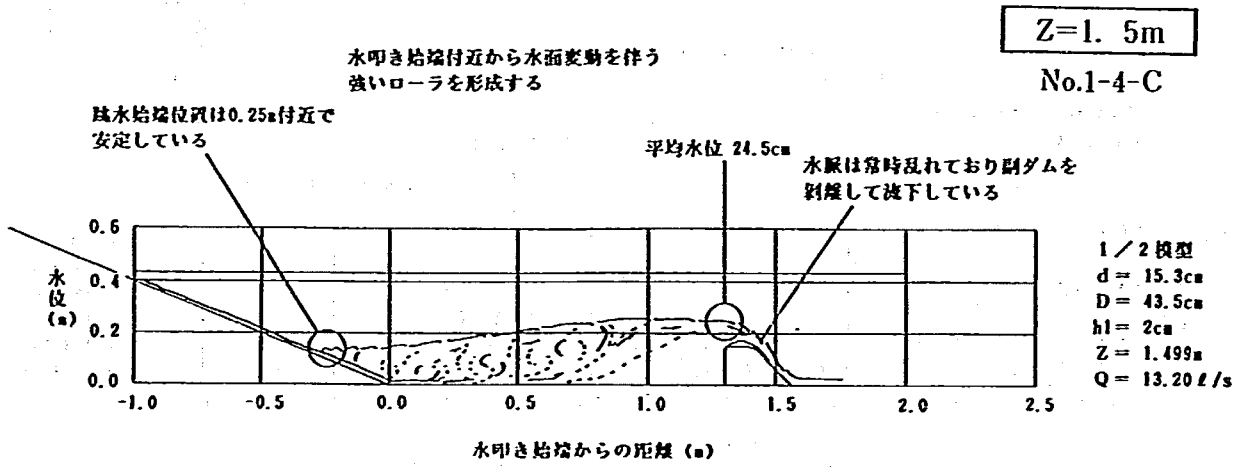




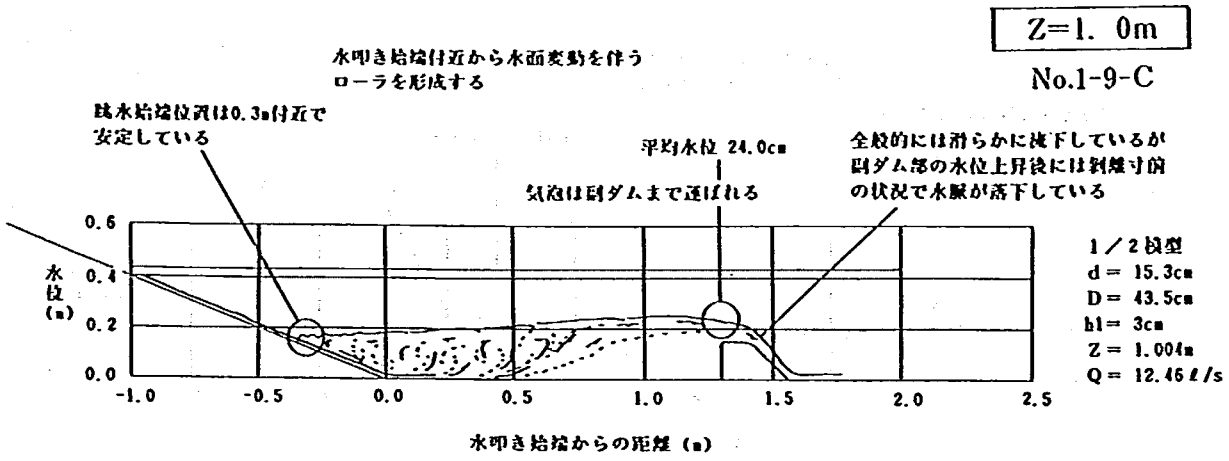
付図－6.97　1／2模型副ダム比較形状の流況図（D＝43.5cm、h_1＝1.5cm）

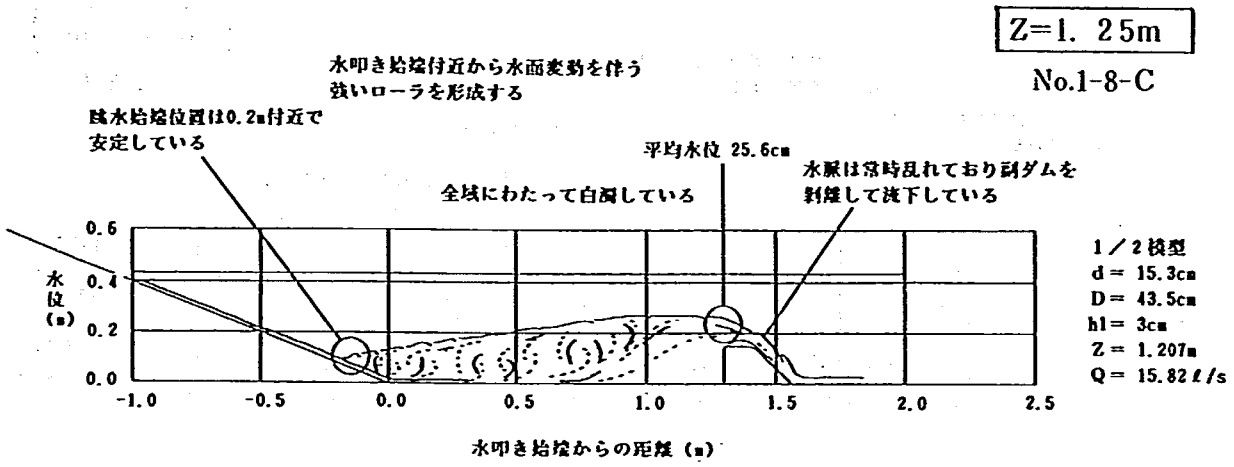


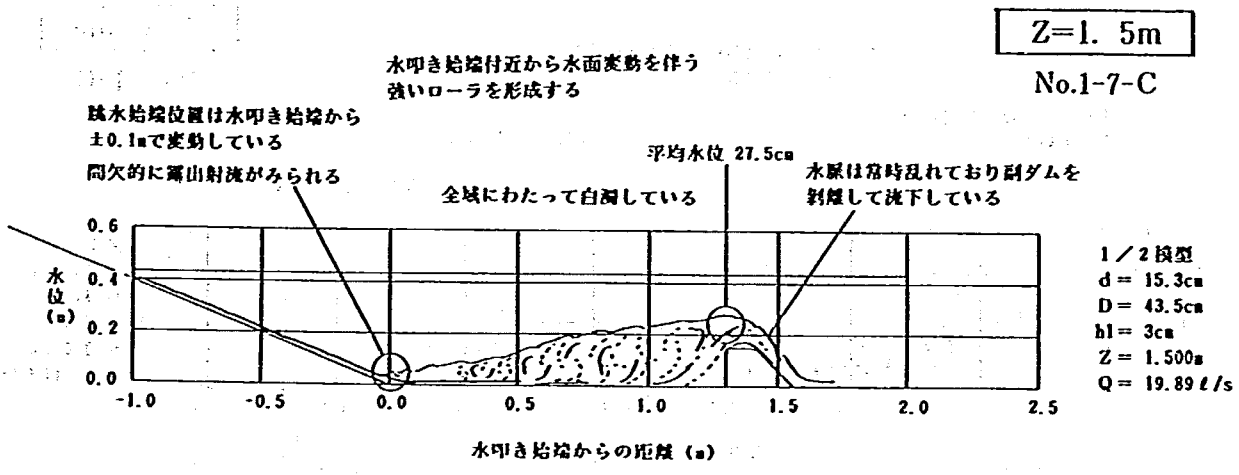




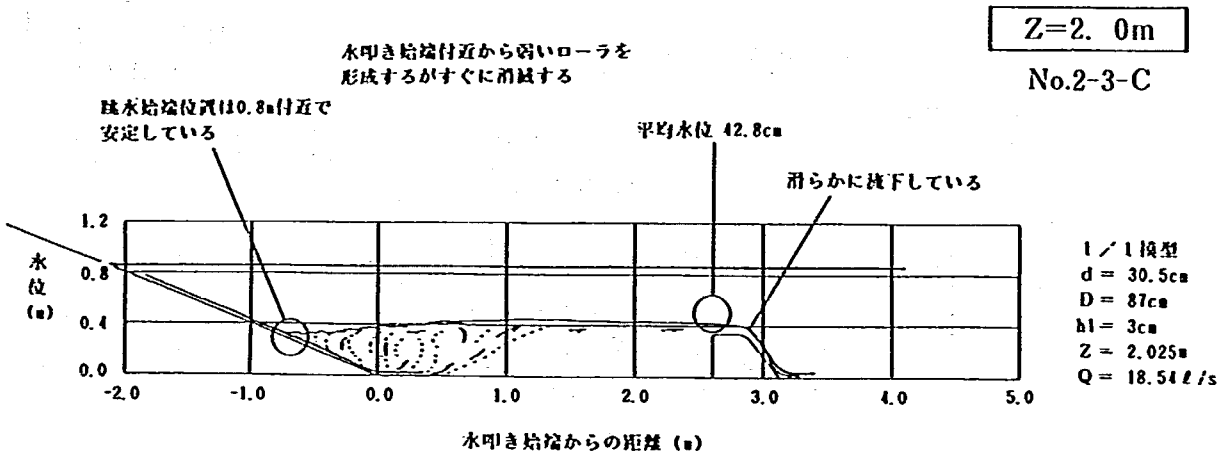
付図－6.98　1/2模型副ダム比較形状の流況図（D＝43.5cm、h_1＝2cm）

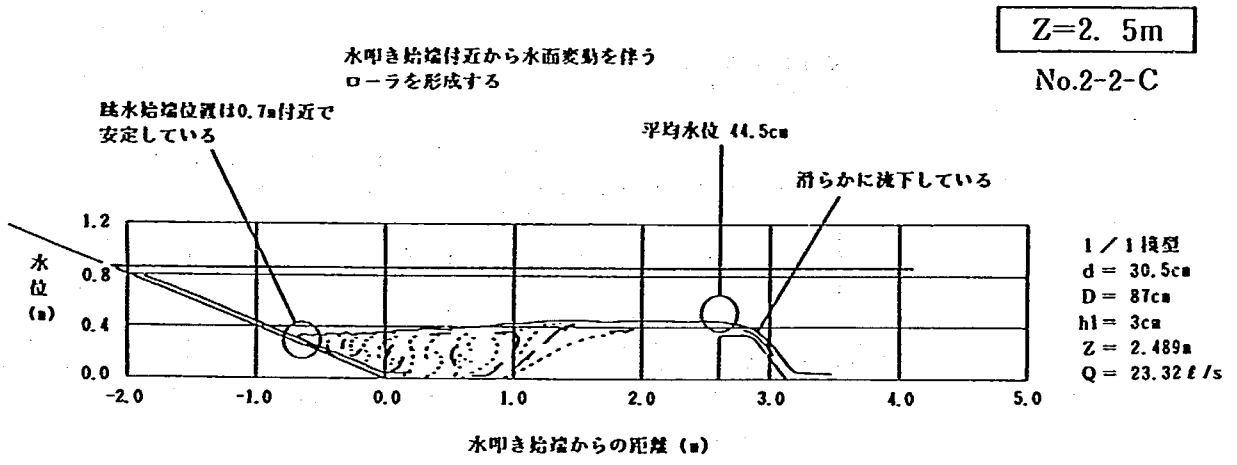


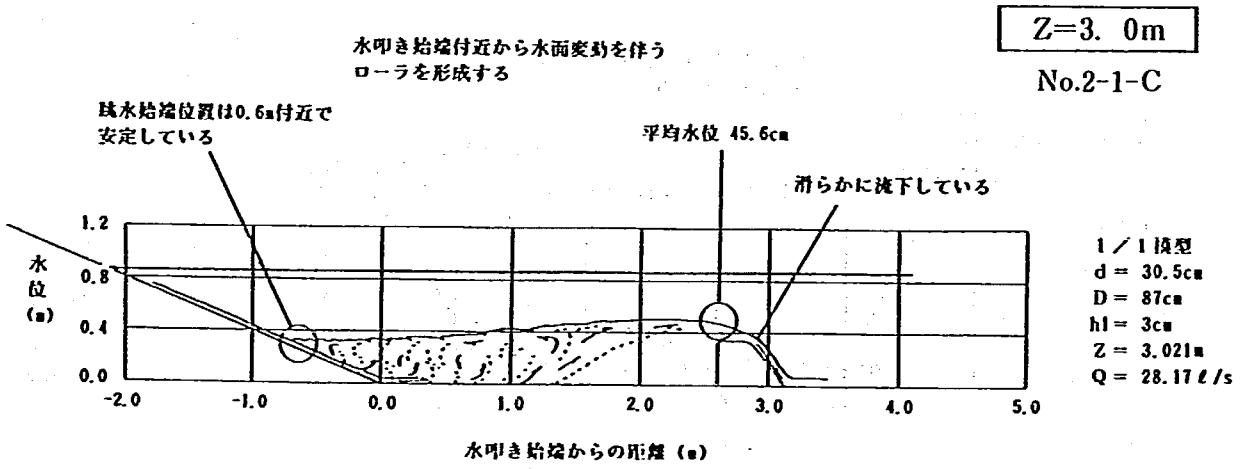




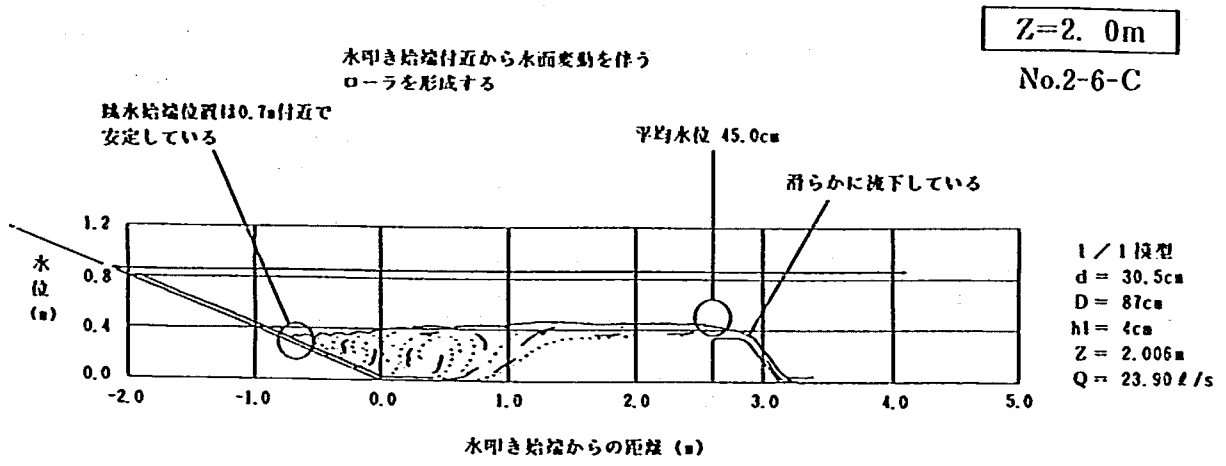
付図－6.99　1/2模型副ダム比較形状の流況図（D＝43.5cm、h_1＝3cm）

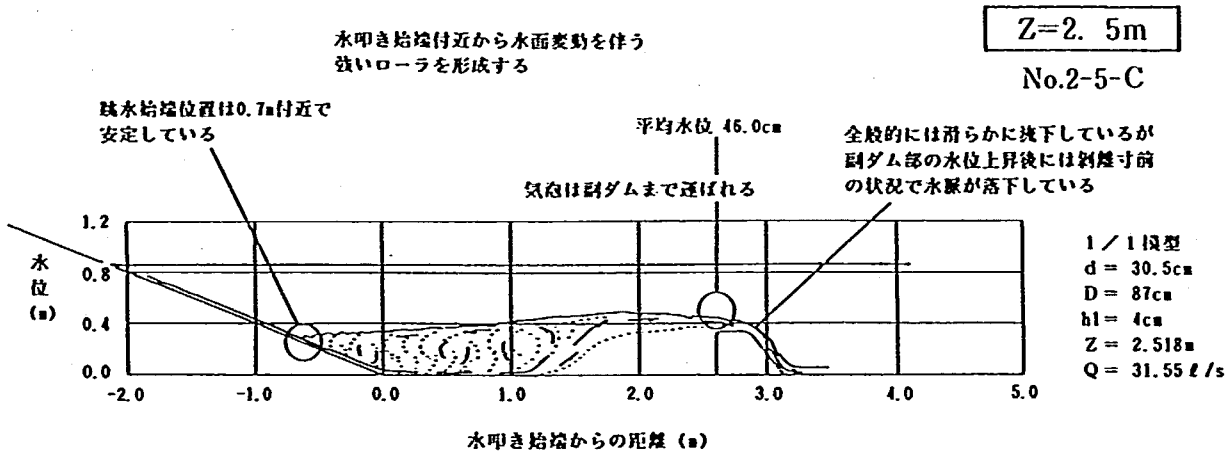


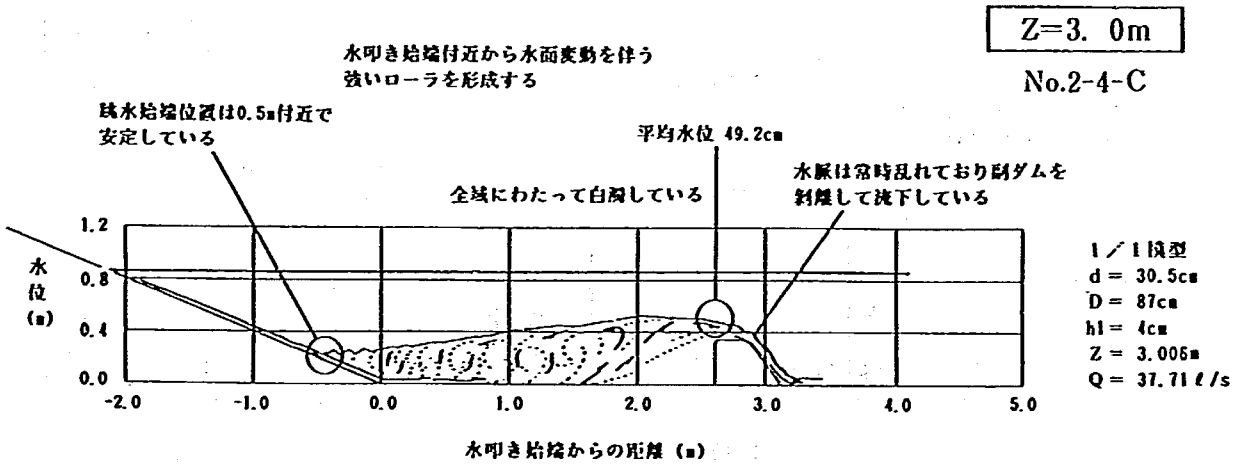




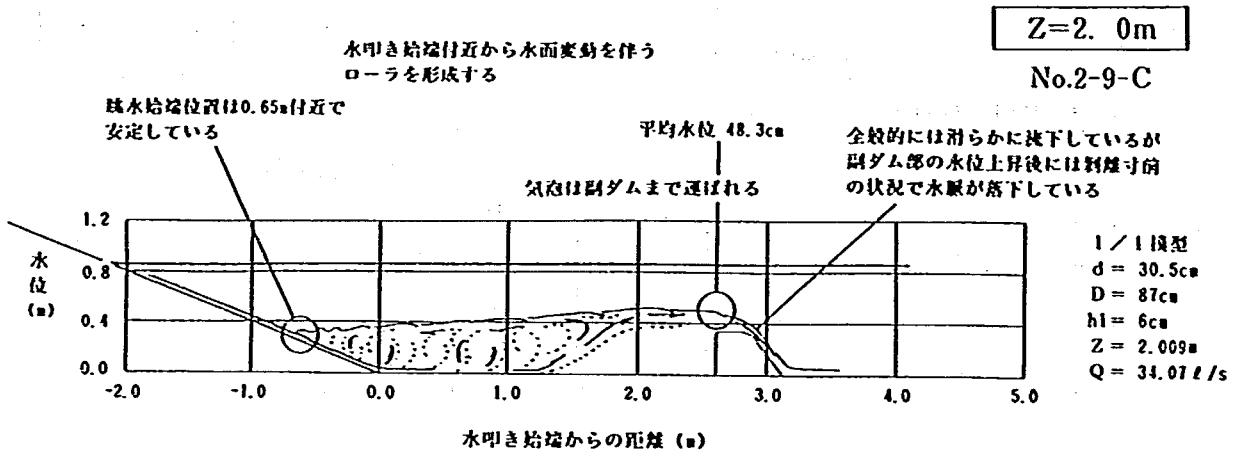
付図－6.100　1／1模型副ダム比較形状の流況図（D＝87cm、h_1＝3cm）

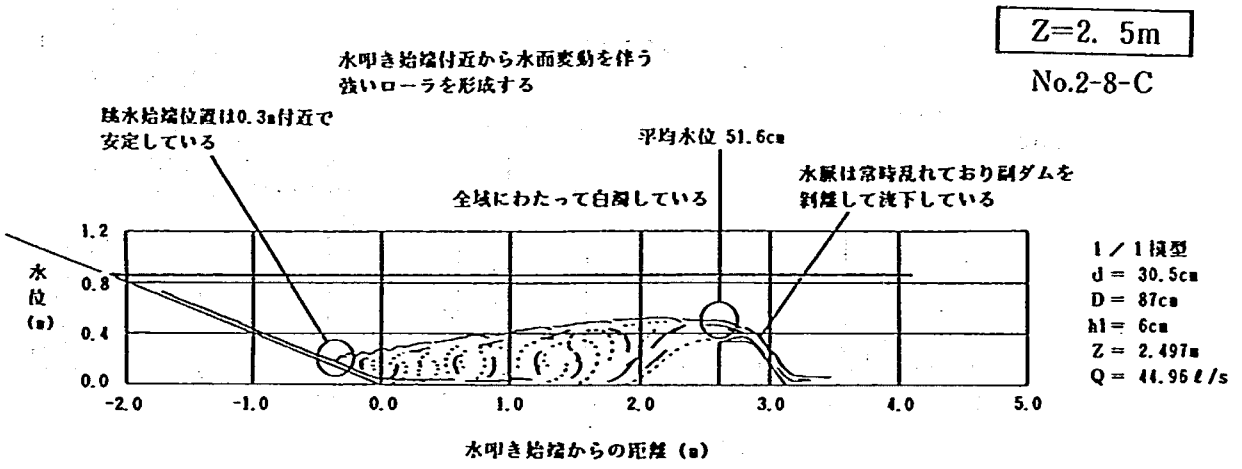


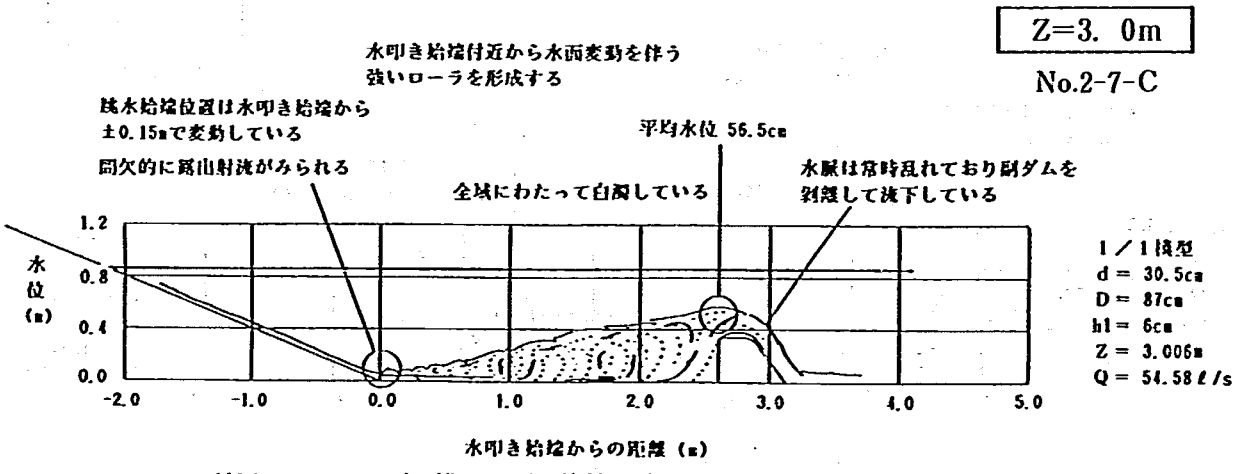




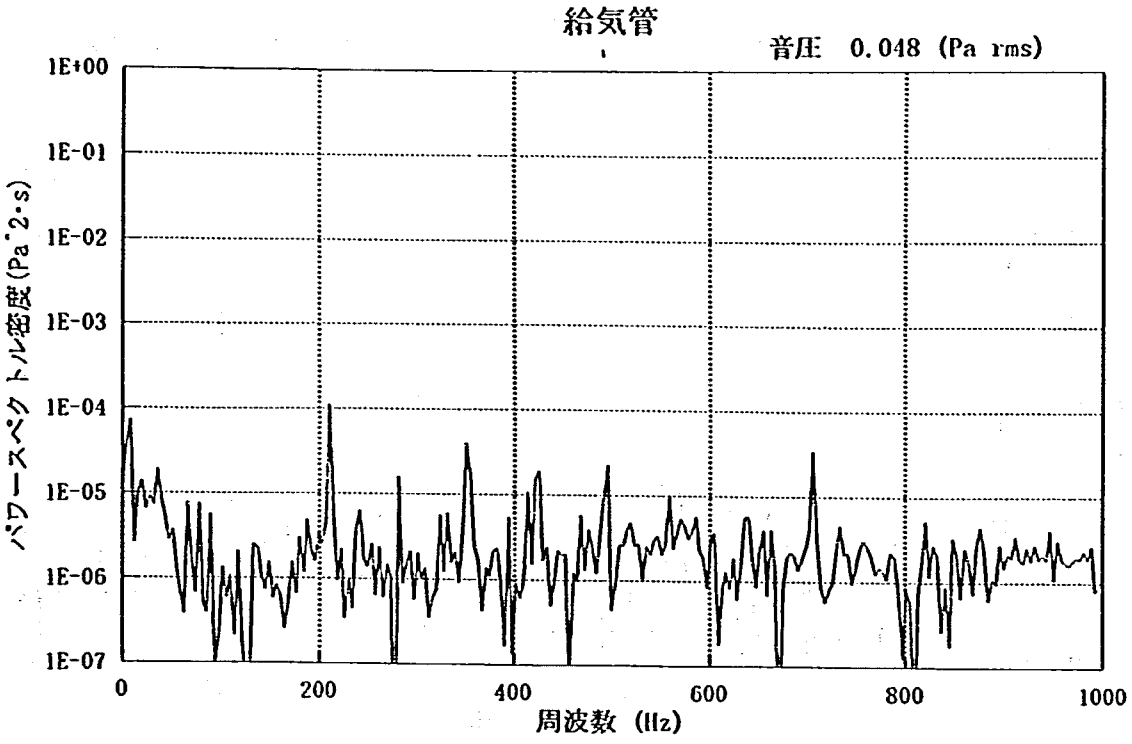
付図－6.101　1／1模型副ダム比較形状の流況図（D＝87cm、h_1＝4cm）

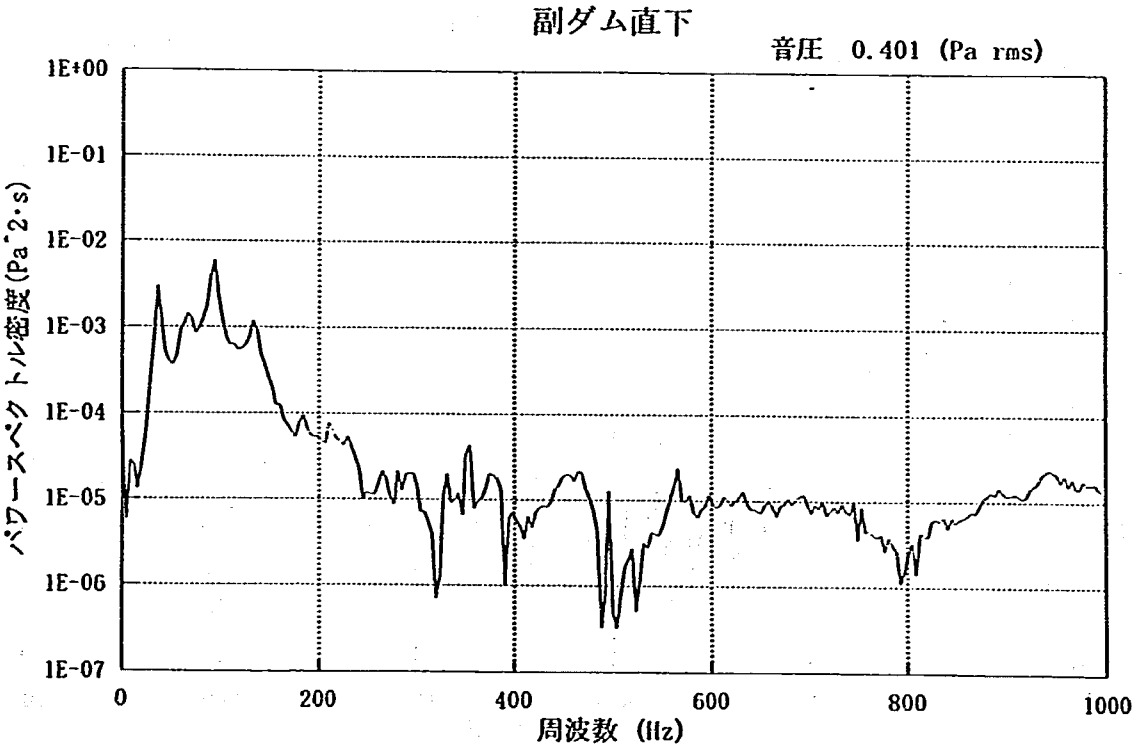






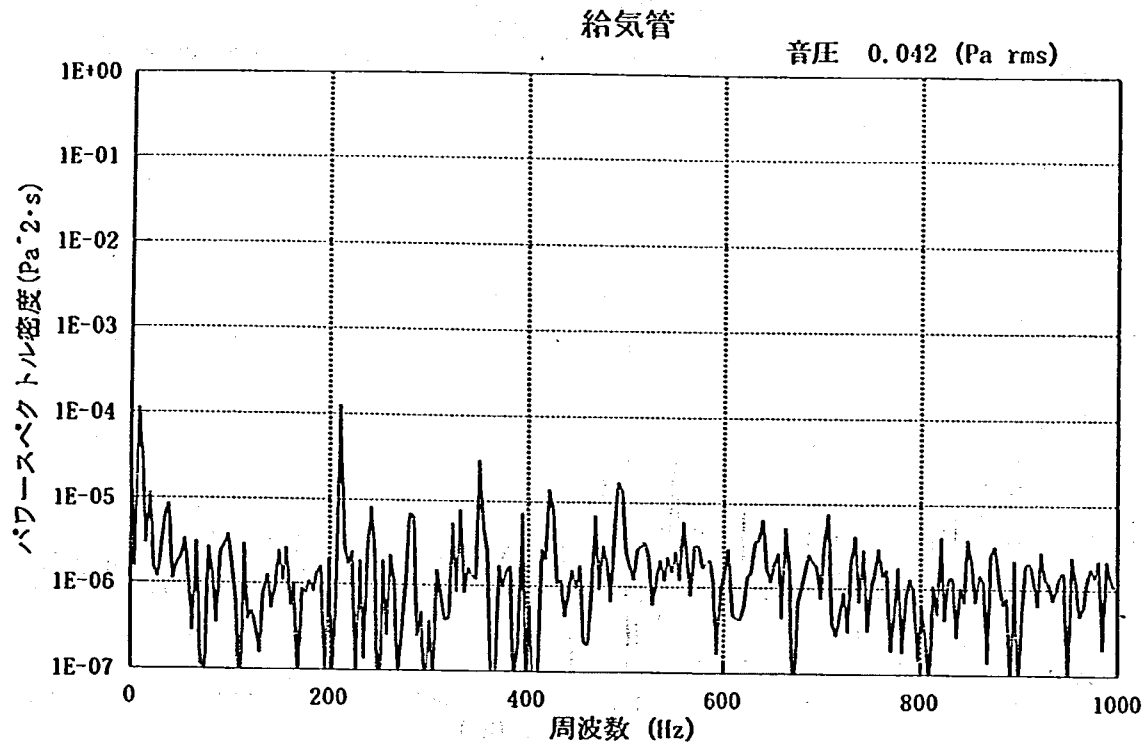
付図－6.102　1／1模型副ダム比較形状の流況図（D＝87cm、h_1＝6 cm）

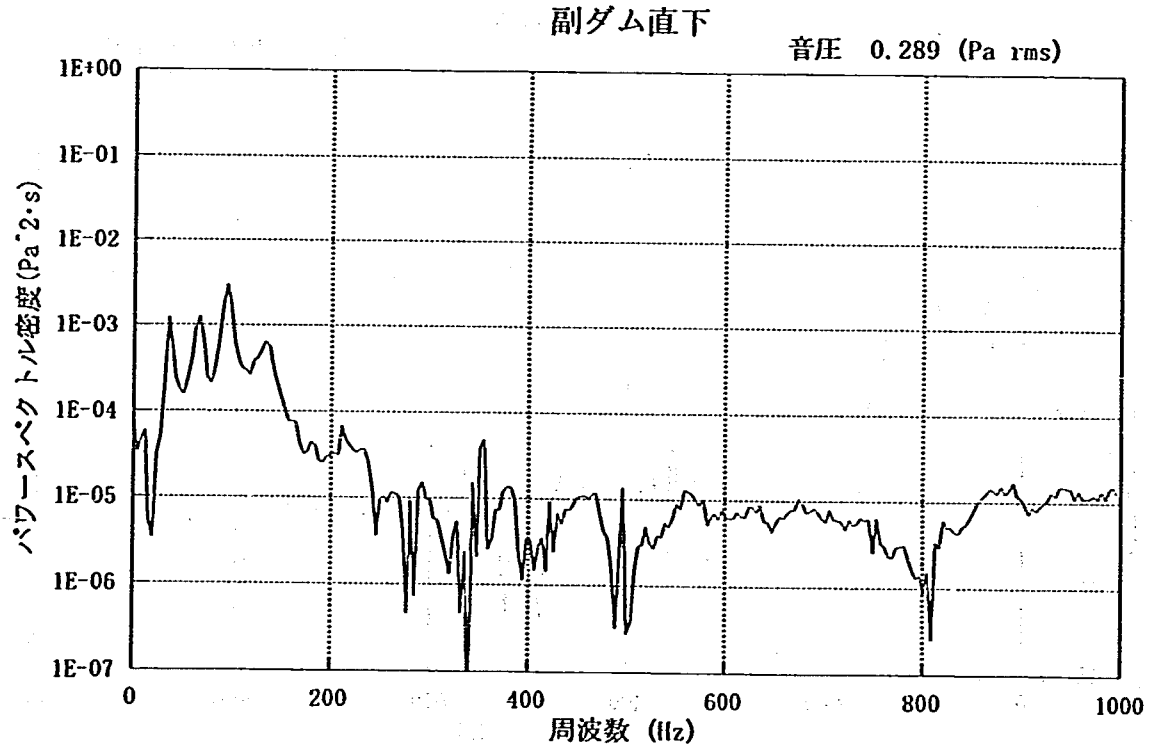




No.1-1-c
1/2模型 副ダム比較形状
D=43.5cm, h1=1.5cm, Z=1.5m
Q=9.78L/s
暗騒音補正後

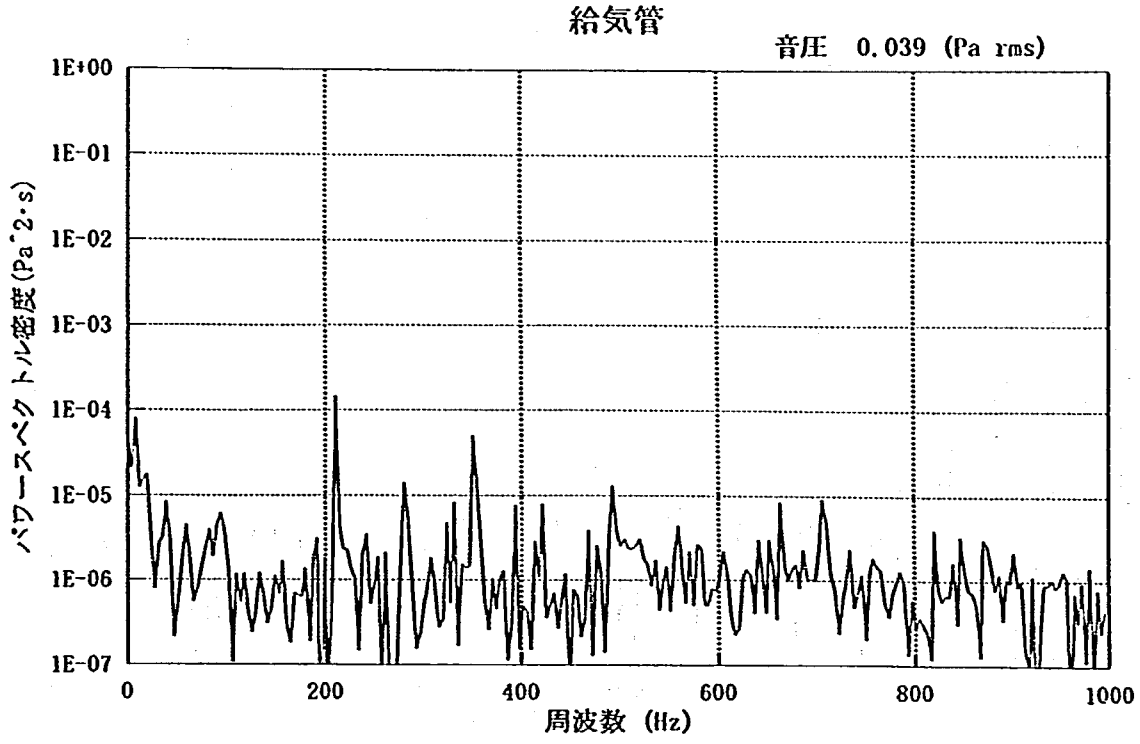
付図－6.103　圧力のパワースペクトル密度

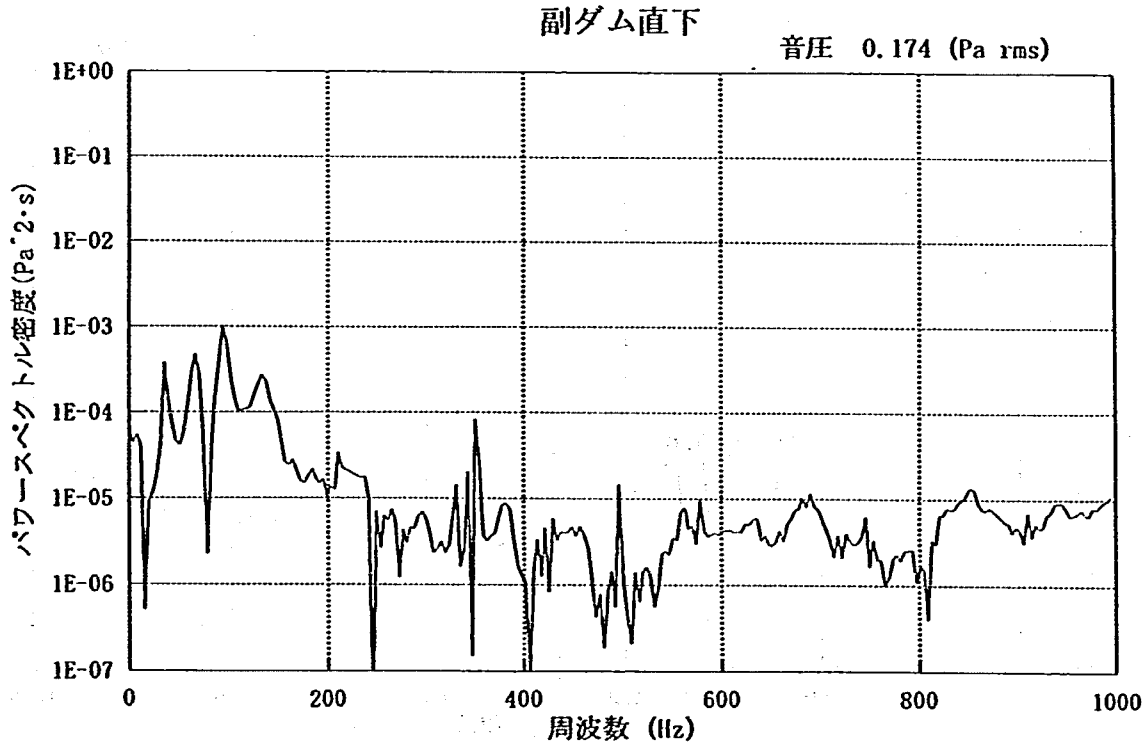




No.1-2-c
1/2模型 副ダム比較形状
D=43.5cm, h1=1.5cm, Z=1.25m
Q=8.04L/s
暗騒音補正後

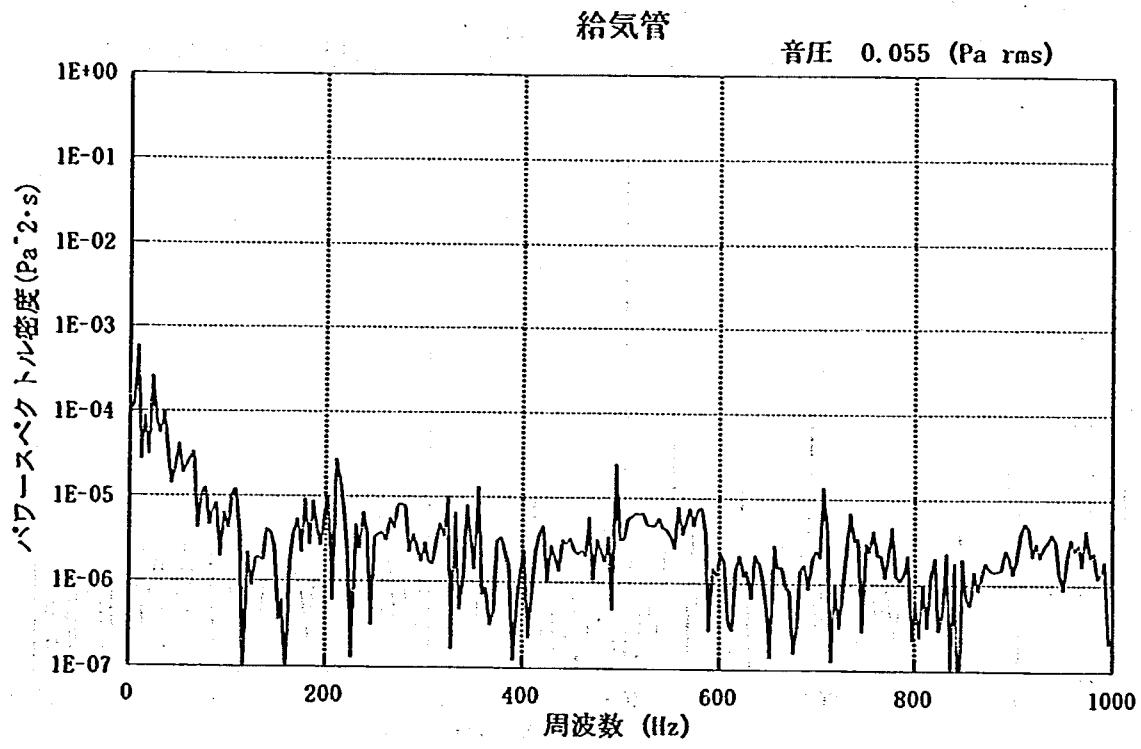
付図－6.104　圧力のパワースペクトル密度

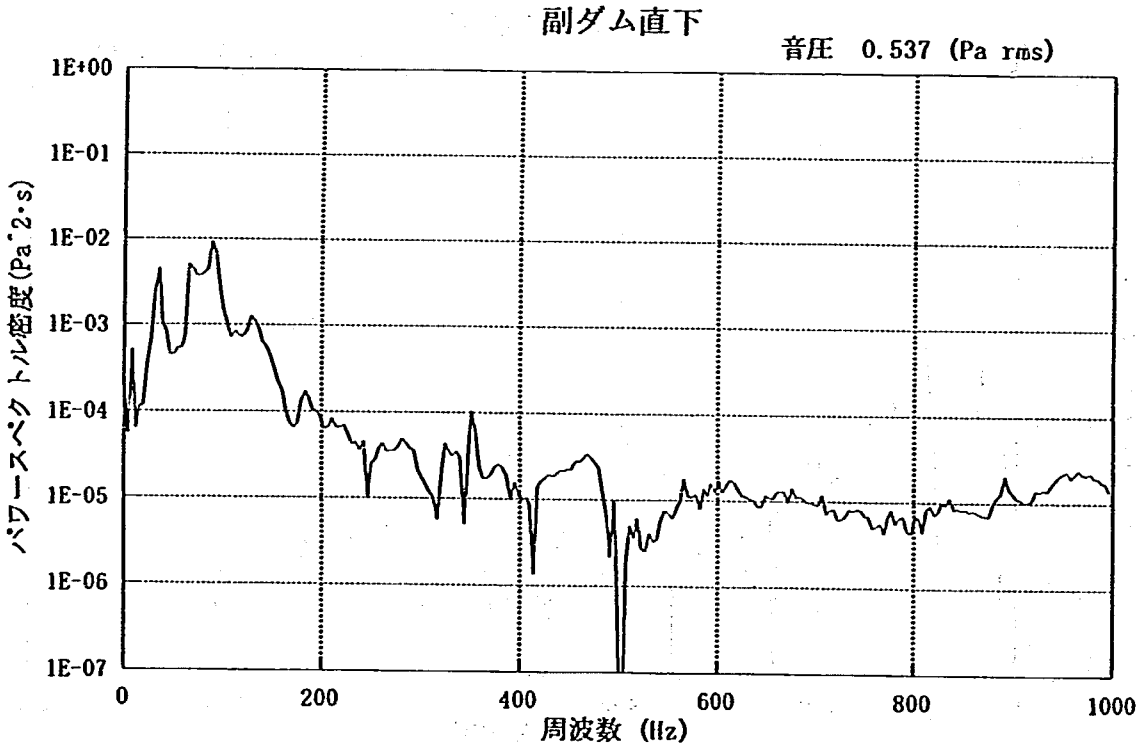




No.1-3-c
1/2模型 副ダム比較形状
D=43.5cm, h1=1.5cm, Z=1.0m
Q=6.20L/s
・暗騒音補正後

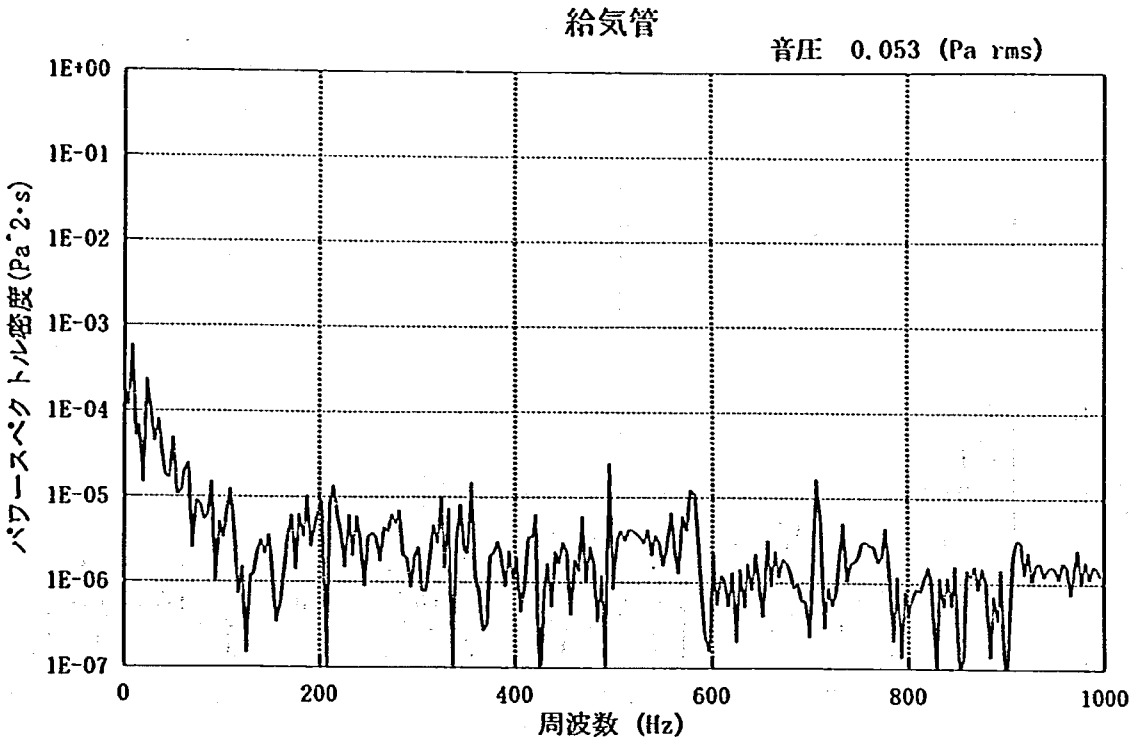
付図－6.105　圧力のパワースペクトル密度

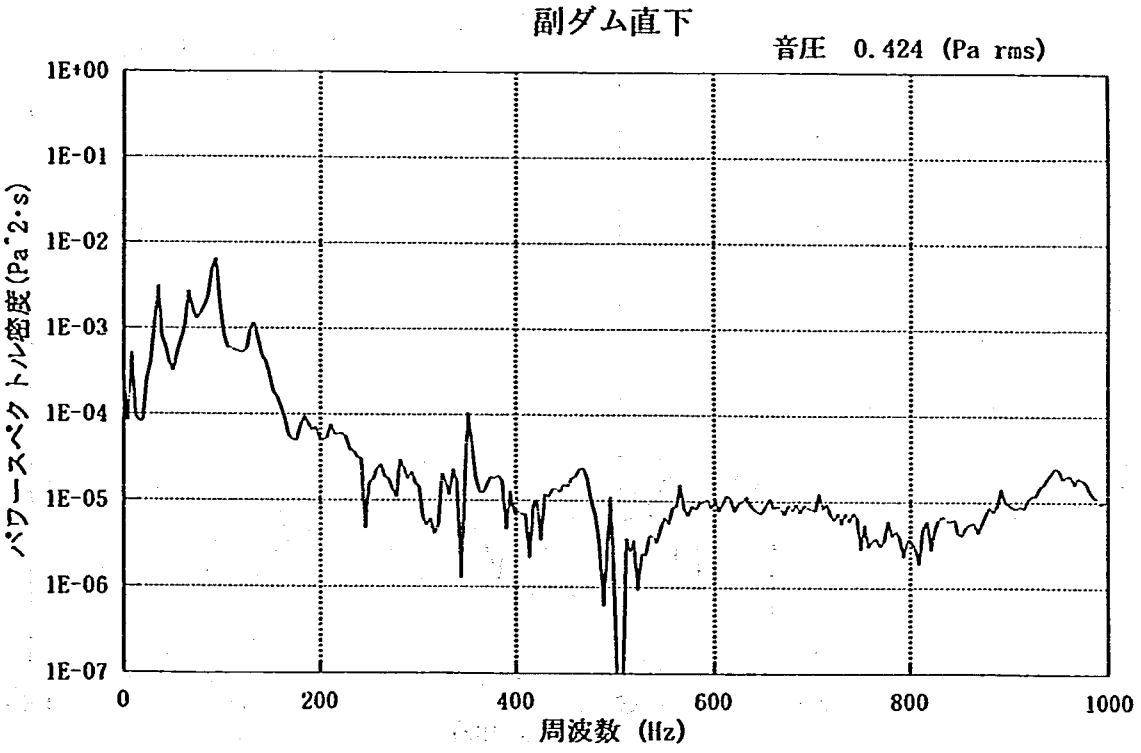




No.1-4-c
1/2模型 副ダム比較形状
D=43.5cm, h1=2.0cm, Z=1.5m
Q=13.20L/s
暗騒音補正後

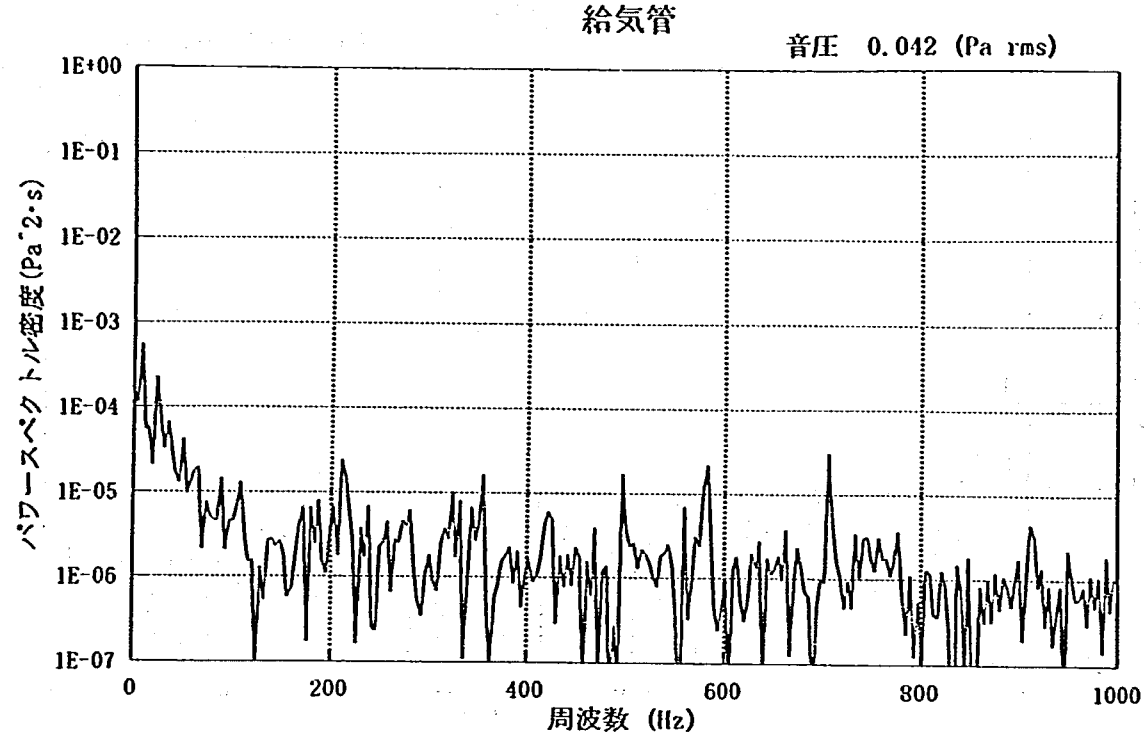
付図－6.106　圧力のパワースペクトル密度

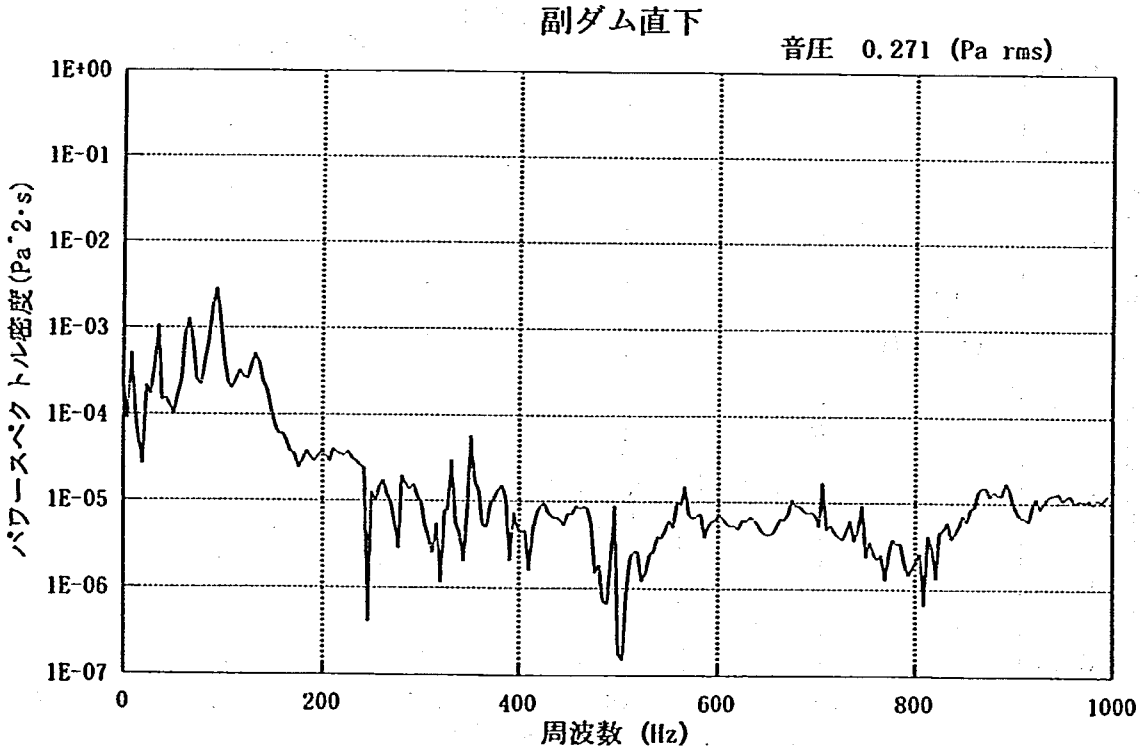




No.1-5-c
1/2模型 副ダム比較形状
D=43.5cm, h1=2.0cm, Z=1.25m
Q=11.20L/s
暗騒音補正後

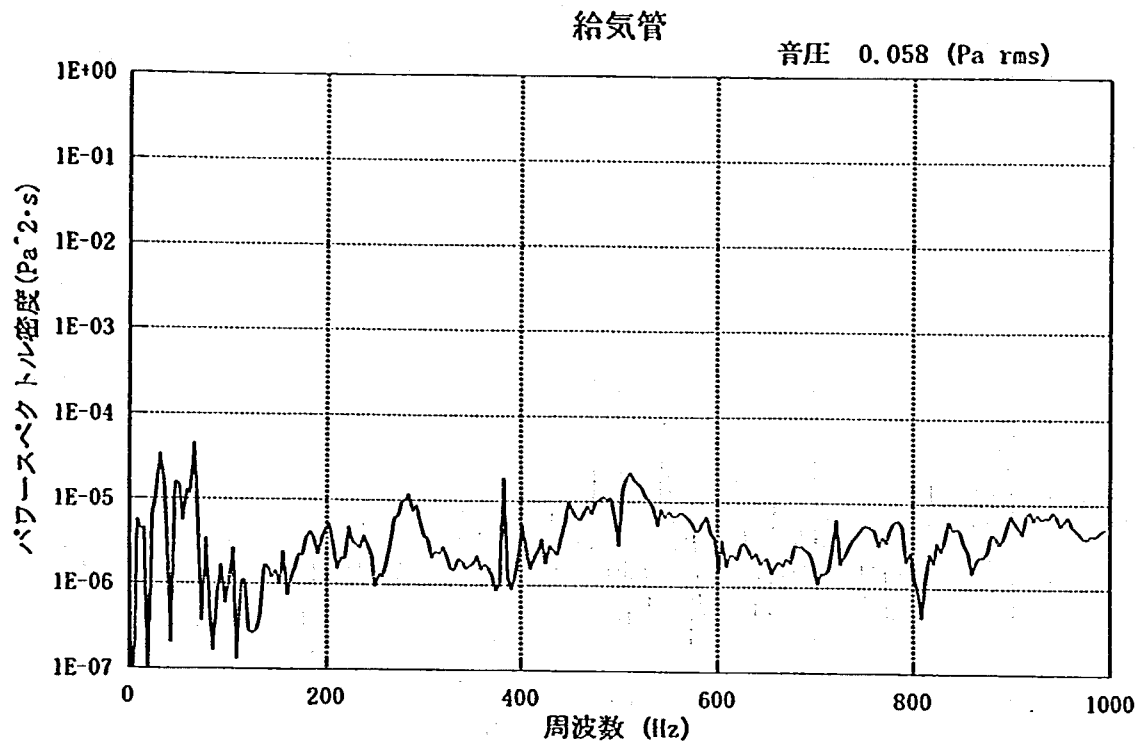
付図−6.107　圧力のパワースペクトル密度

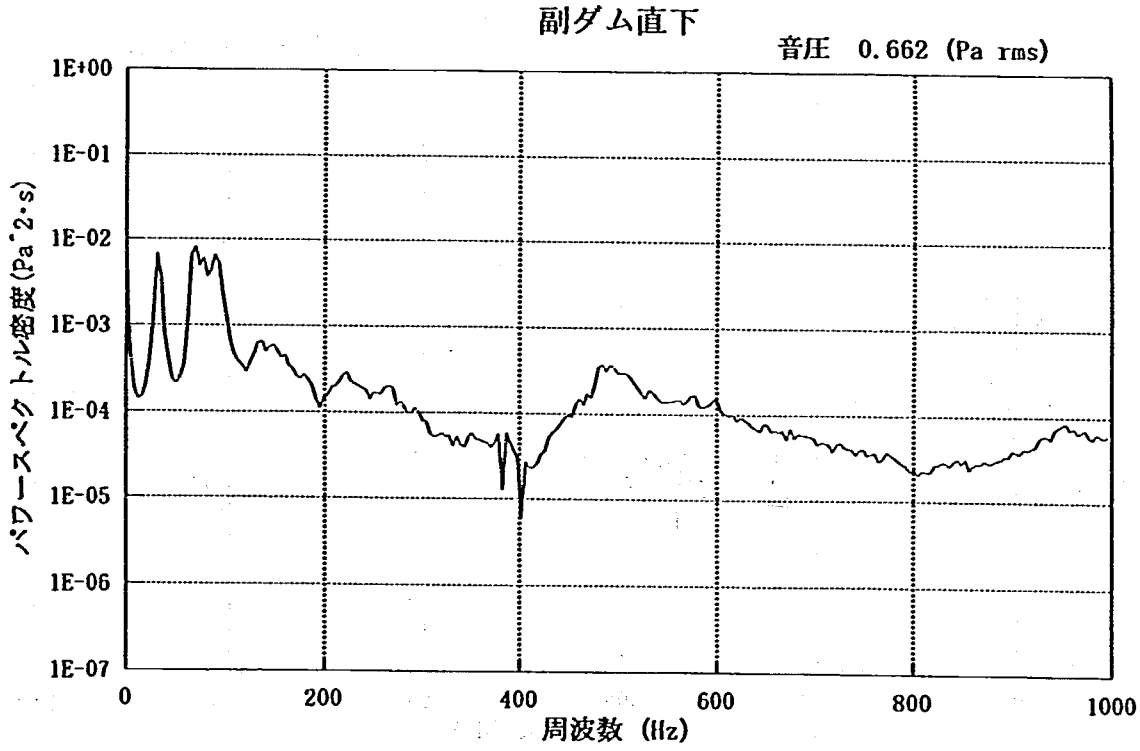




No.1-6-c
1/2模型 副ダム比較形状
D=43.5cm, h1=2.0cm, Z=1.0m
Q=8.40L/s
暗騒音補正後

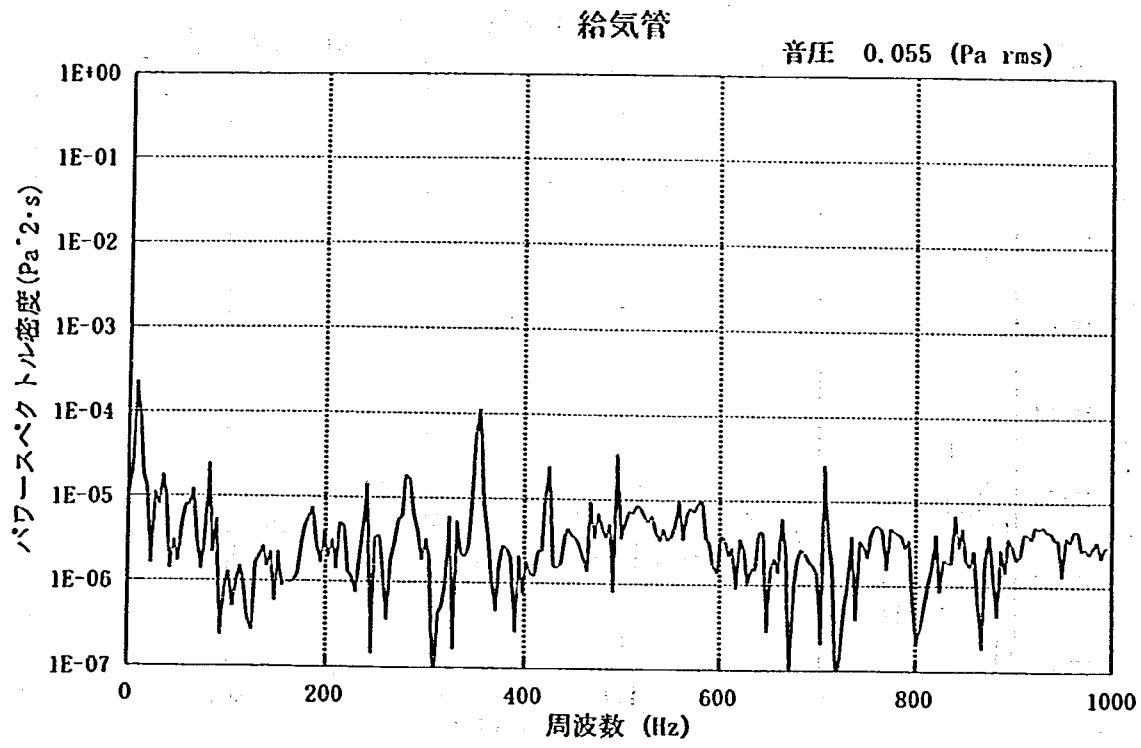
付図−6.108　圧力のパワースペクトル密度

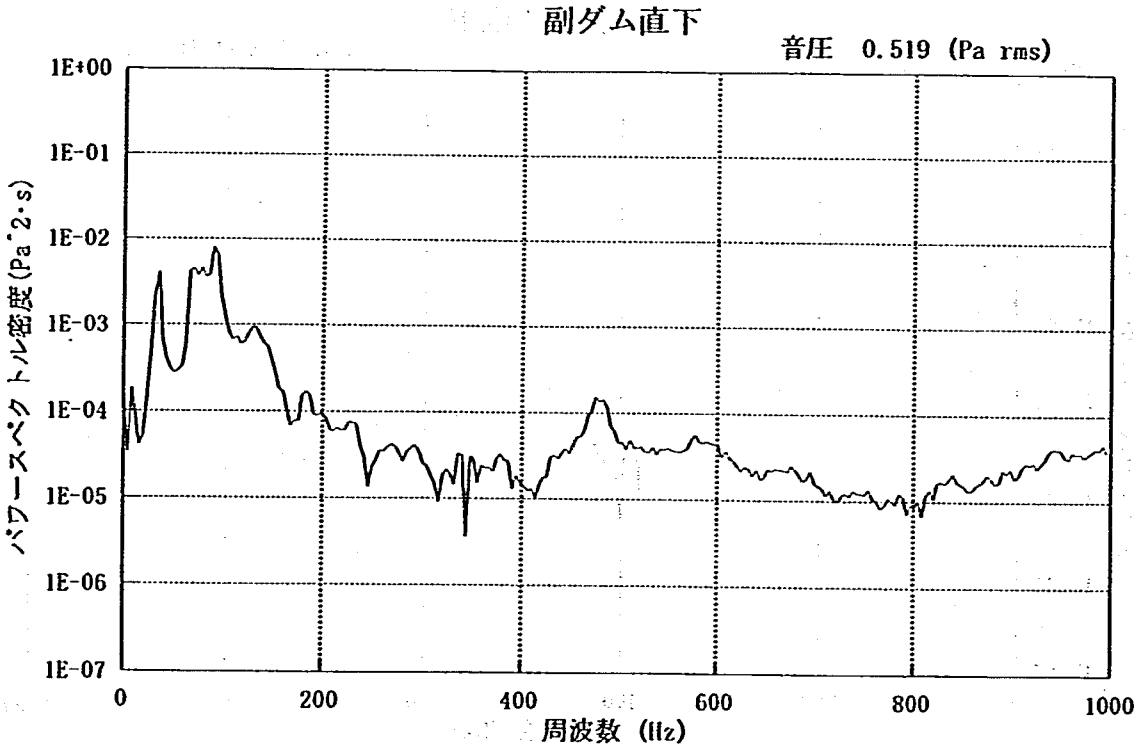




No.1-7-c
1/2模型 副ダム比較形状
D=43.5cm, h1=3cm, Z=1.5m
Q=19.89L/s
暗騒音補正後

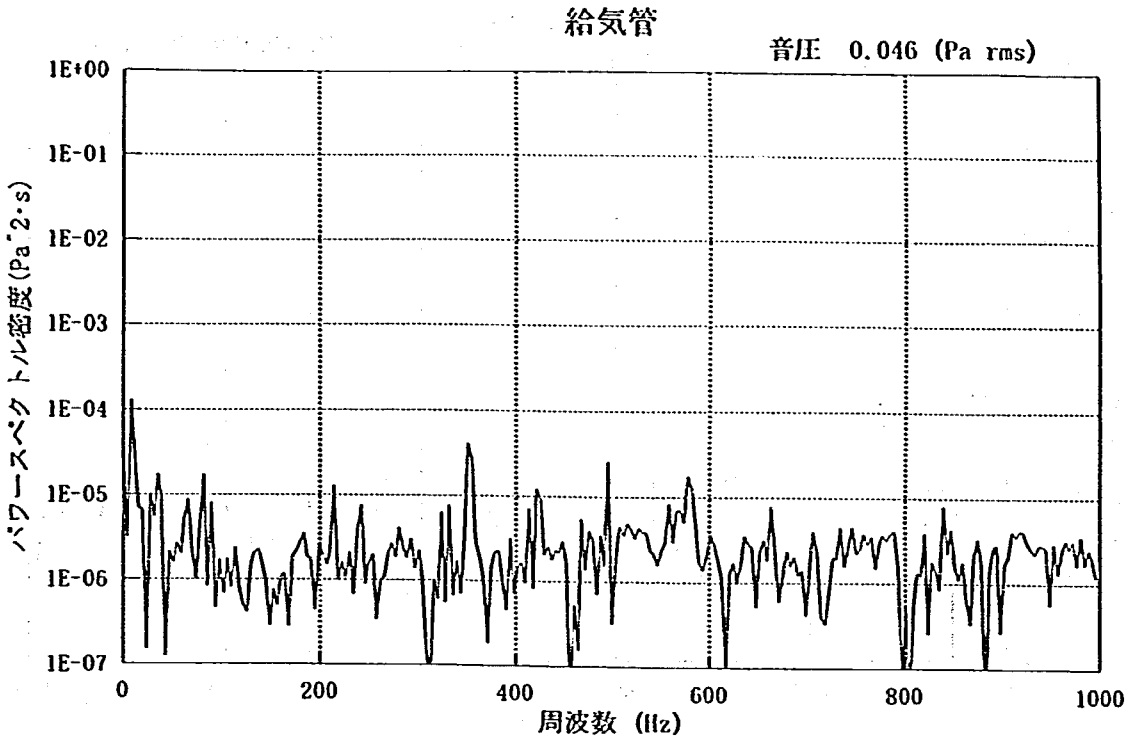
付図－6.109　圧力のパワースペクトル密度

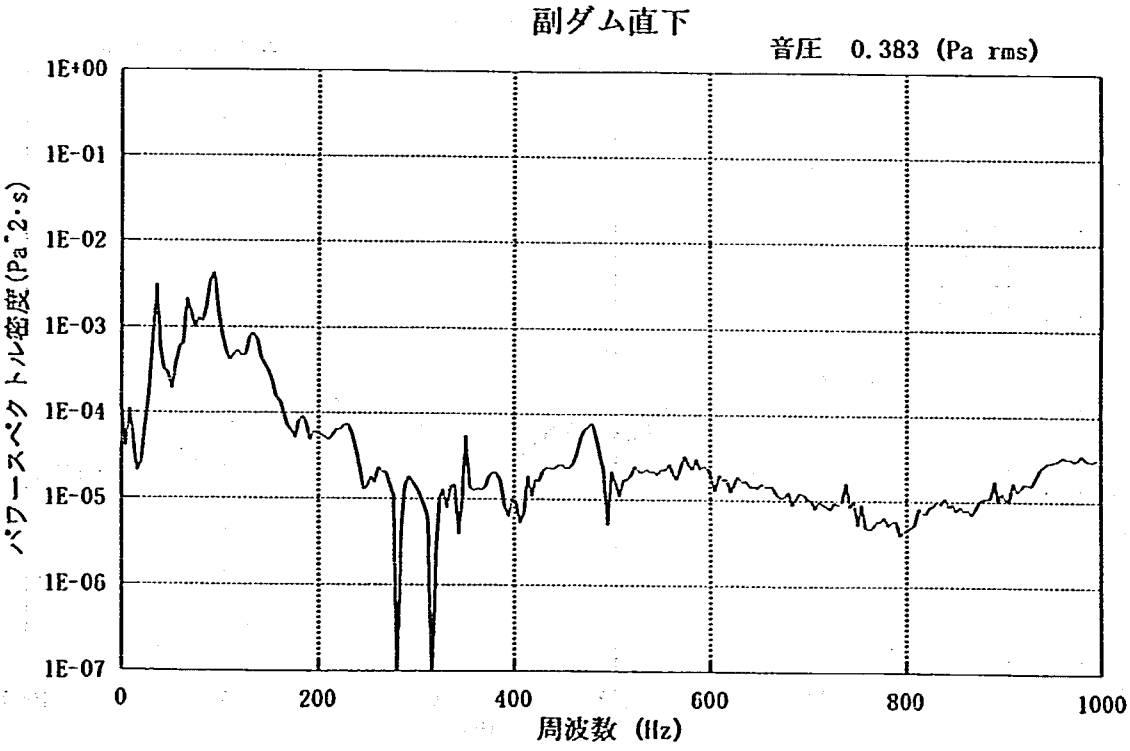




No.1-8-c
1/2模型 副ダム比較形状
D=43.5cm, h1=3.0cm, Z=1.25m
Q=15.82L/s
暗騒音補正後

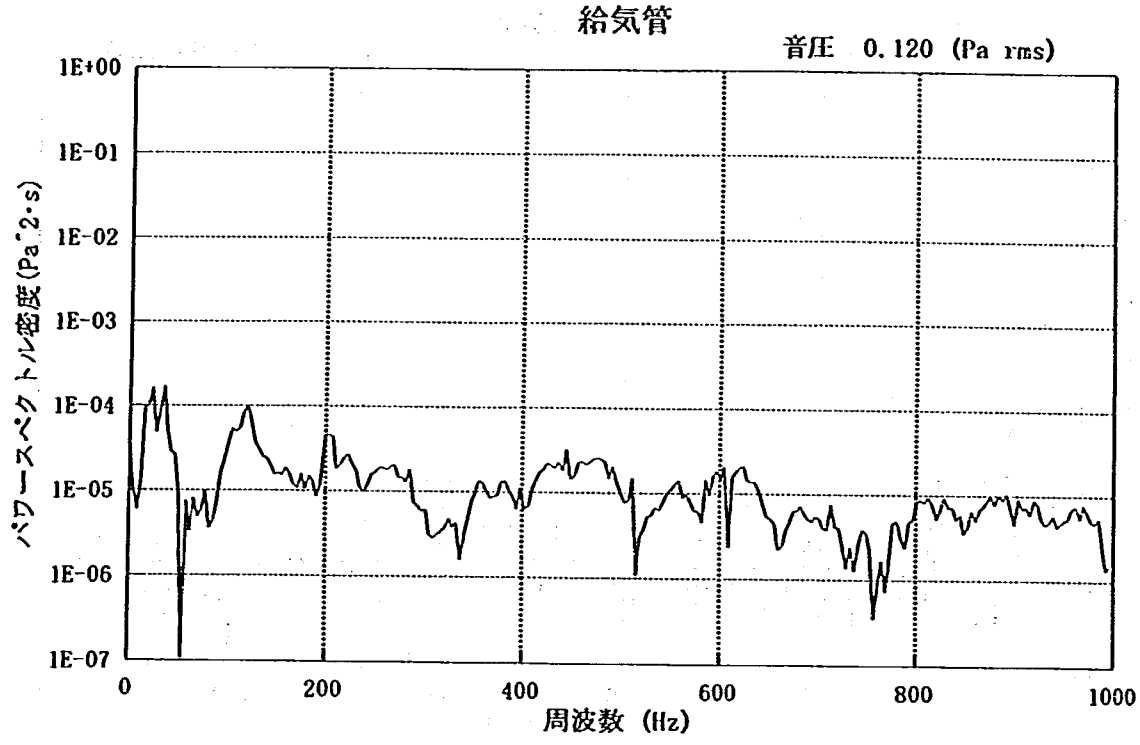
付図－6.110 圧力のパワースペクトル密度

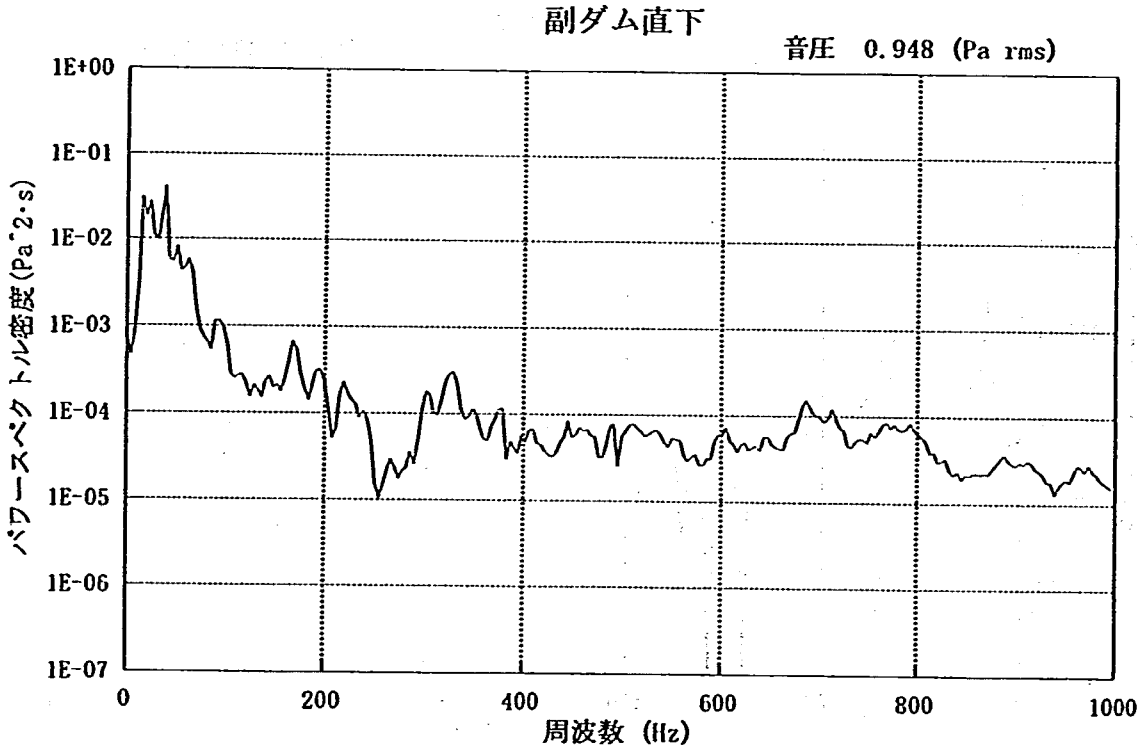




No.1-9-c
1/2模型 副ダム比較形状
D=43.5cm, h1=3.0cm, Z=1.0m
Q=12.46L/s
暗騒音補正後

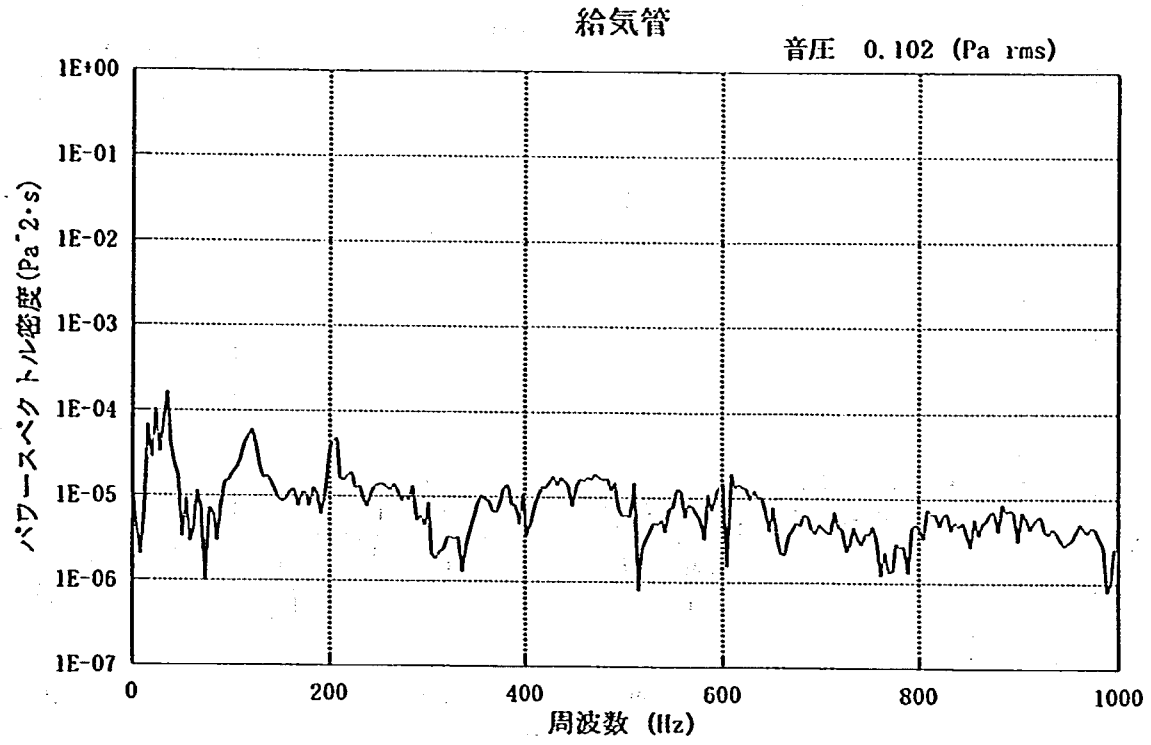
付図－6.111　圧力のパワースペクトル密度

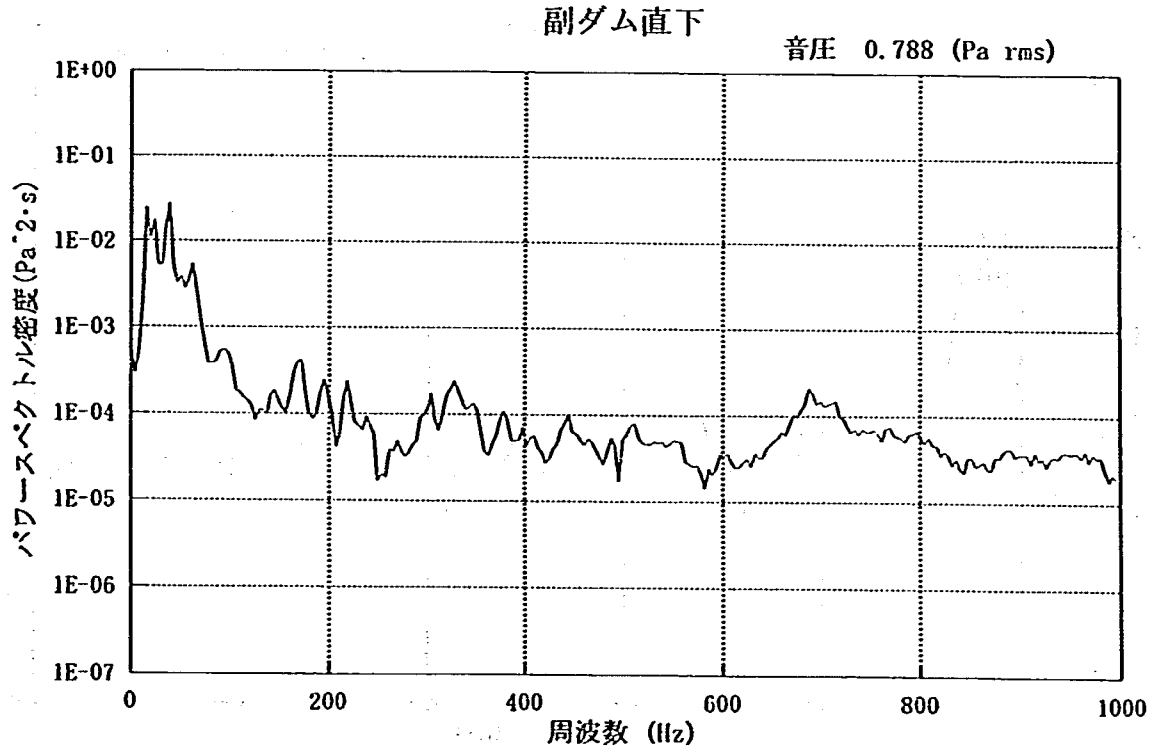




No.2-1-c
1/1模型 副ダム比較形状
D=87cm, h1=3cm, Z=3.0m
Q=28.17L/s
暗騒音補正後

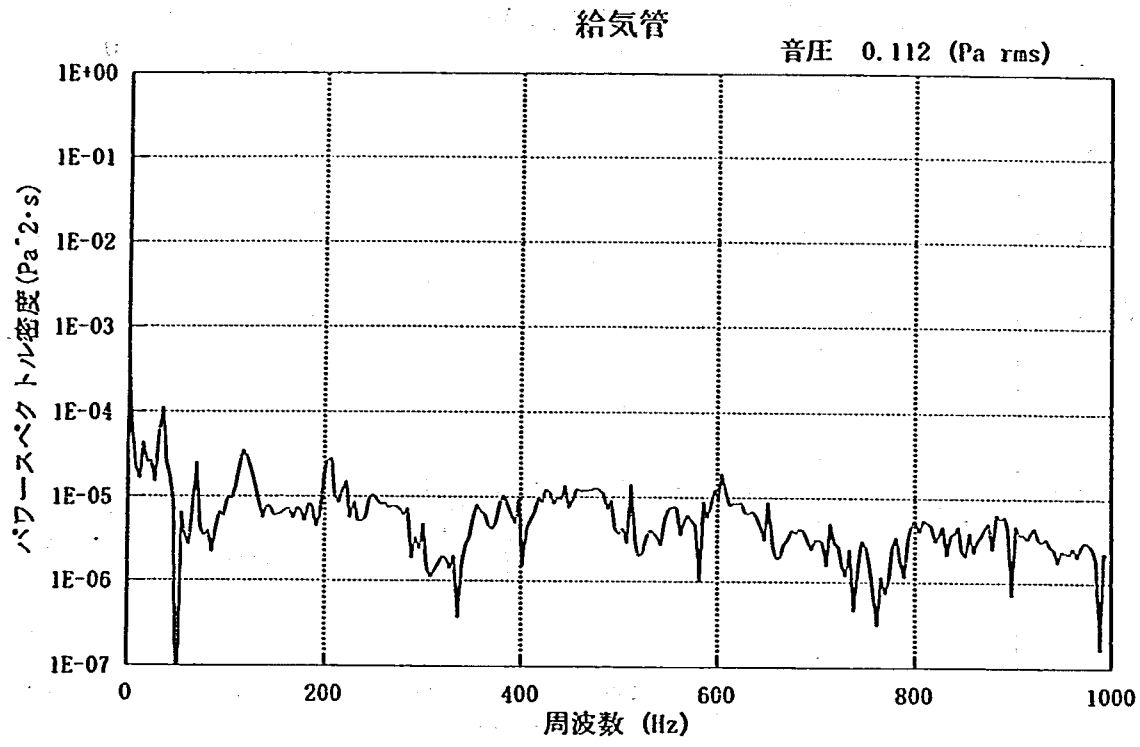
付図－6.112　圧力のパワースペクトル密度

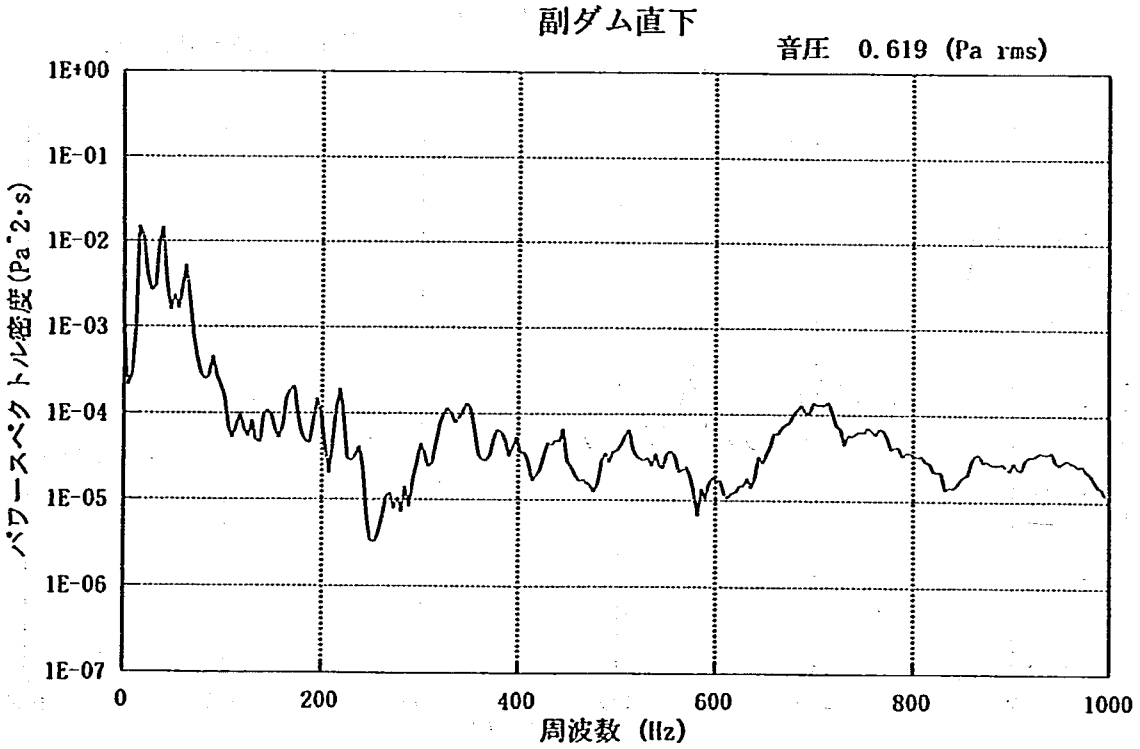




No.2-2-c
1/1模型 副ダム比較形状
D=87cm, h1=3cm, Z=2.5m
Q=23.32L/s
暗騒音補正後

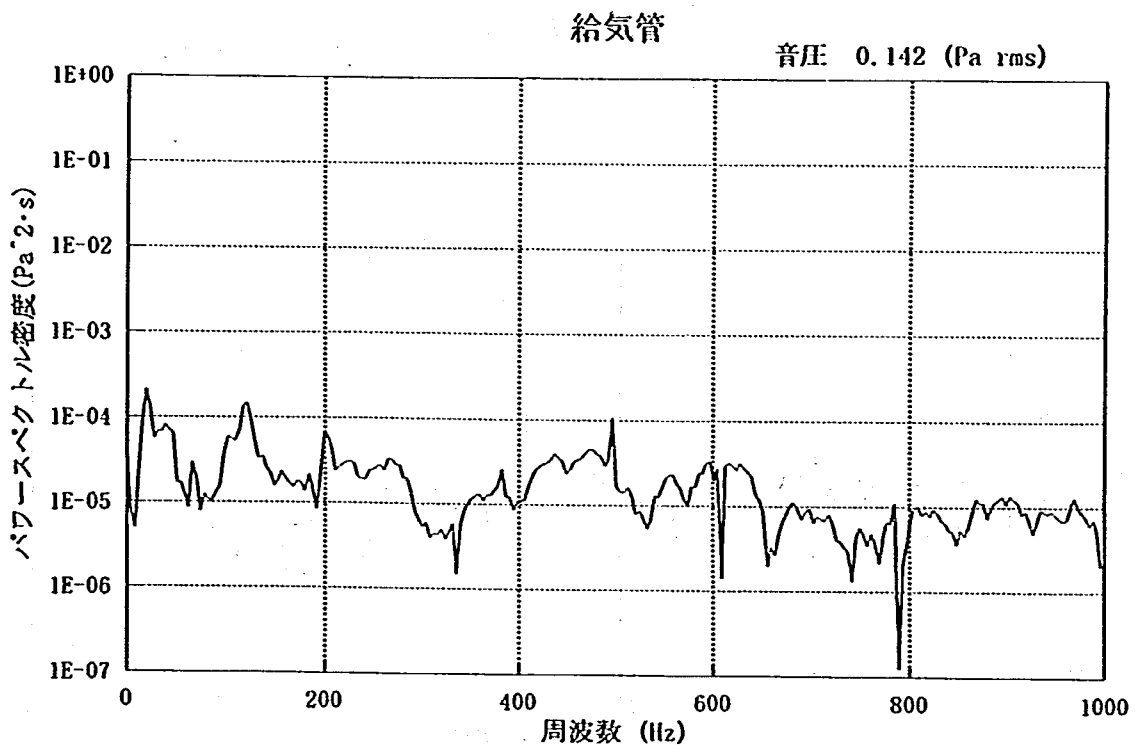
付図－6.113　圧力のパワースペクトル密度

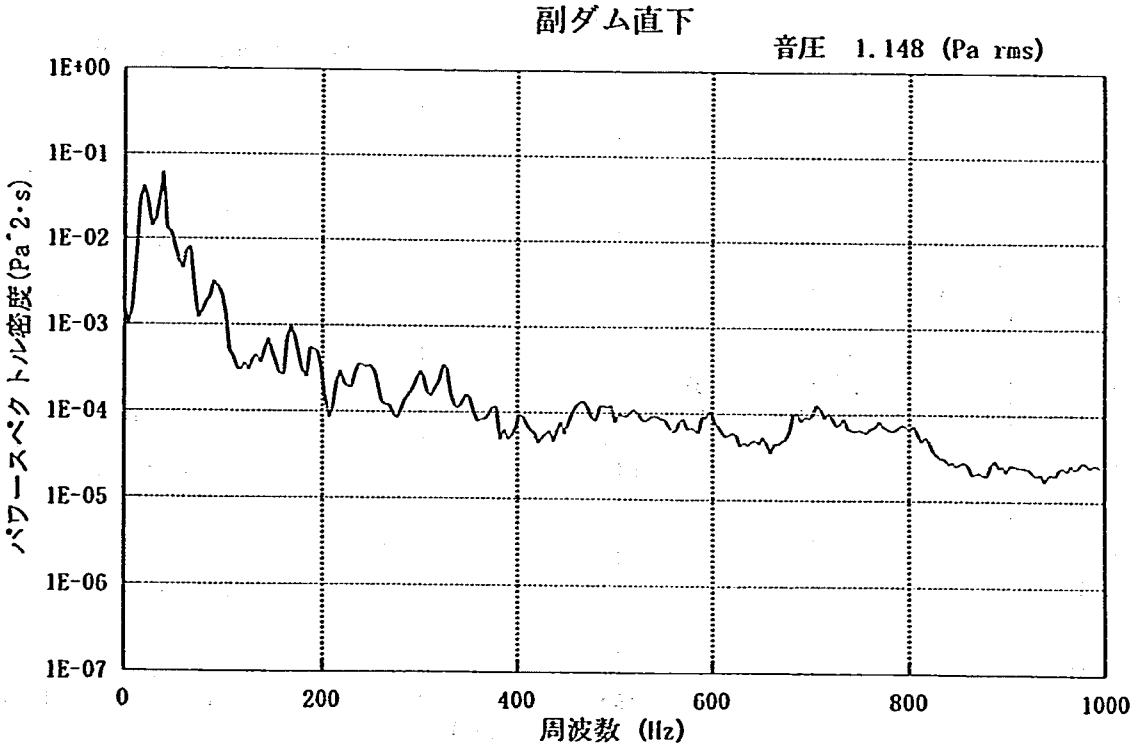




No.2-3-c
1/1模型 副ダム比較形状
D=87cm, h1=3cm, Z=2.0m
Q=18.54L/s
暗騒音補正後

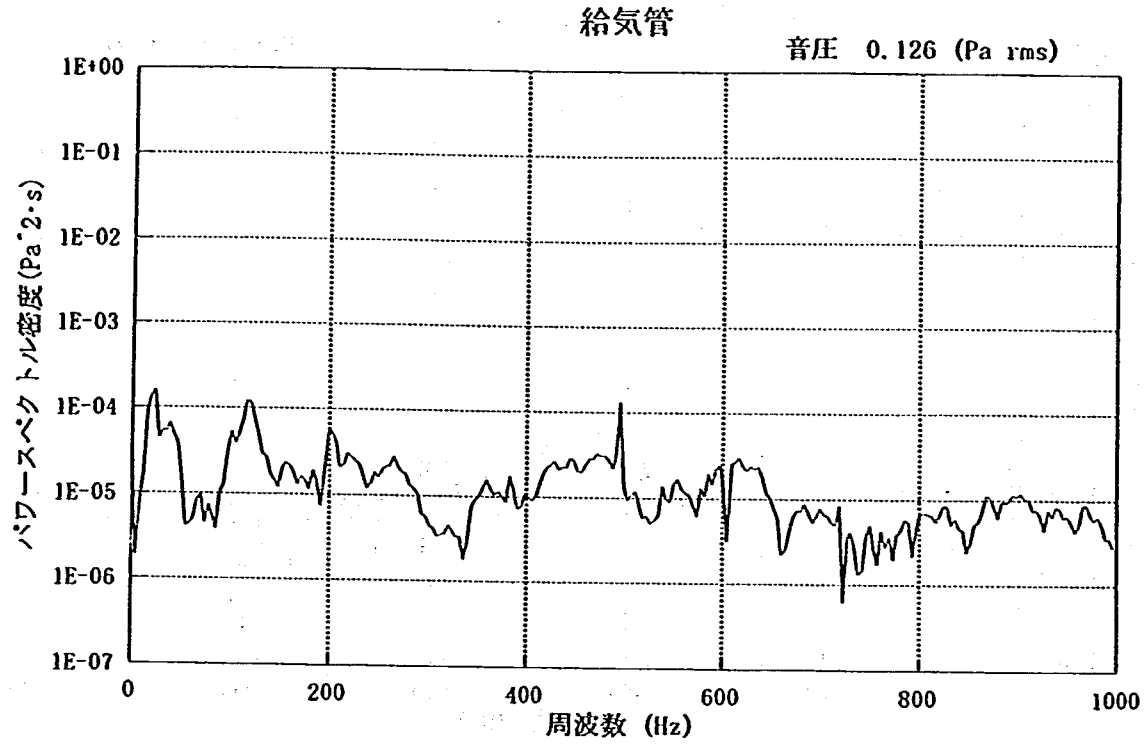
付図－6.114　圧力のパワースペクトル密度

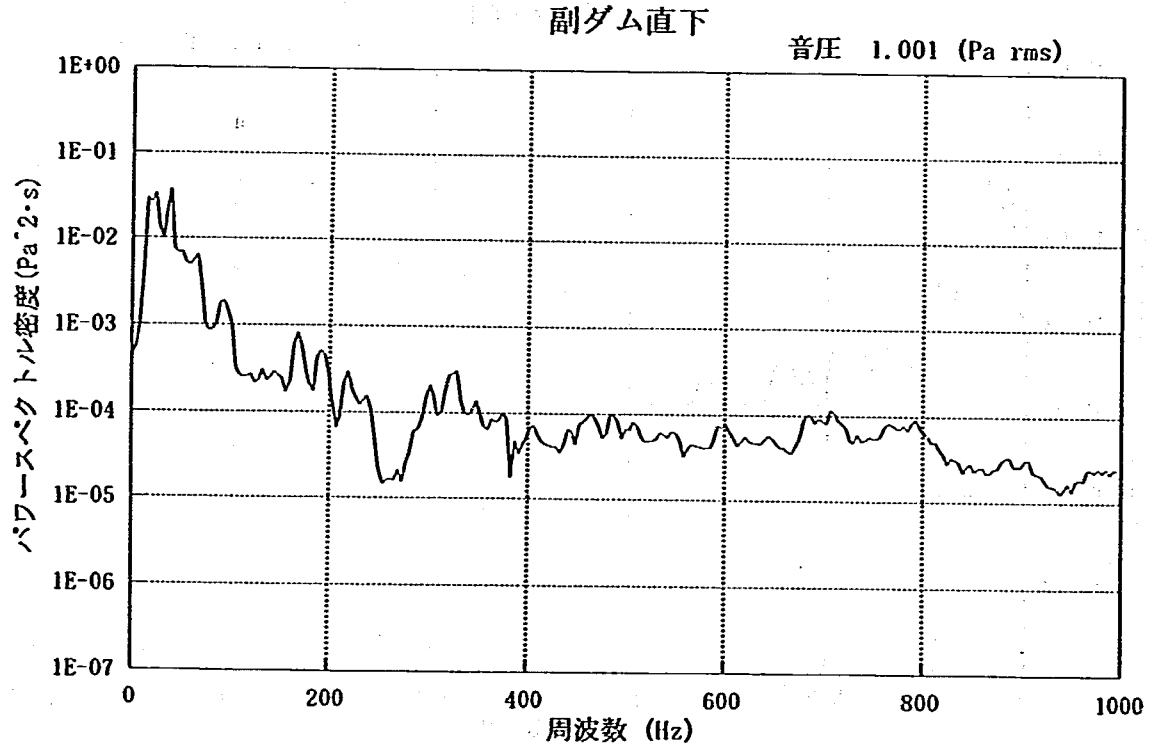




No.2-4-c
1/1模型 副ダム比較形状
D=87cm, h1=4cm, Z=3.0m
Q=37.71L/s
暗騒音補正後

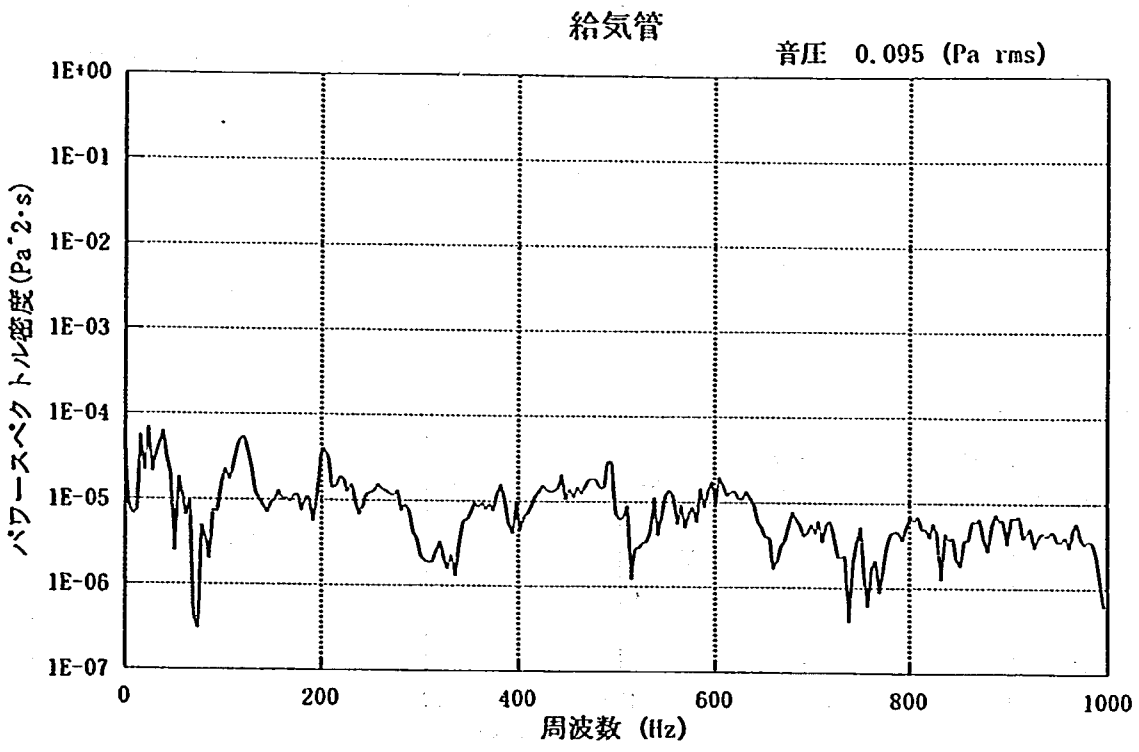
付図－6.115　圧力のパワースペクトル密度

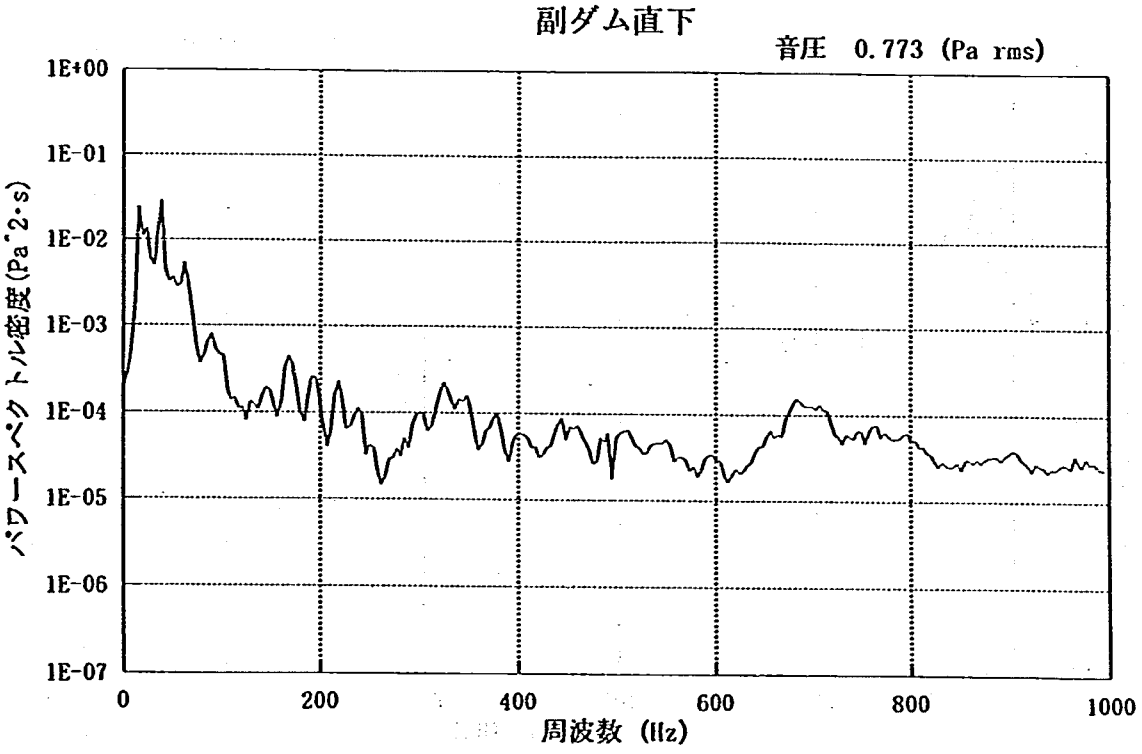




No.2-5-c
1/1模型 副ダム比較形状
D=87cm, h1=4cm, Z=2.5m
Q=31.55L/s
暗騒音補正後

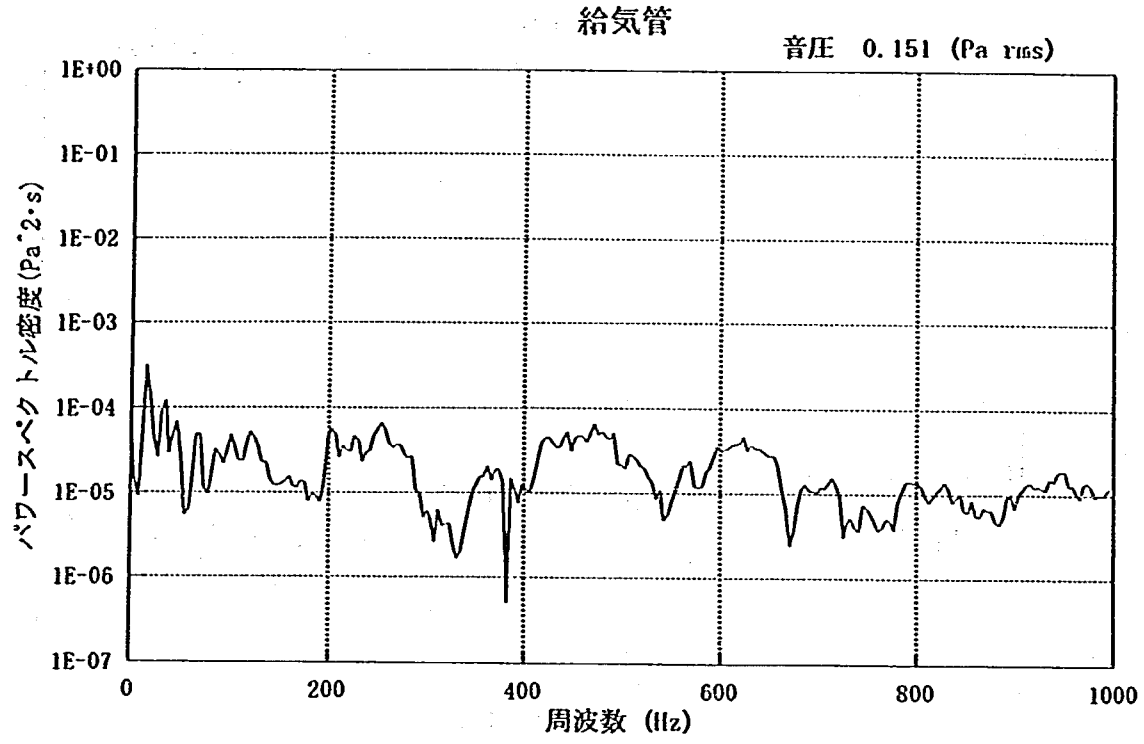
付図−6.116　圧力のパワースペクトル密度

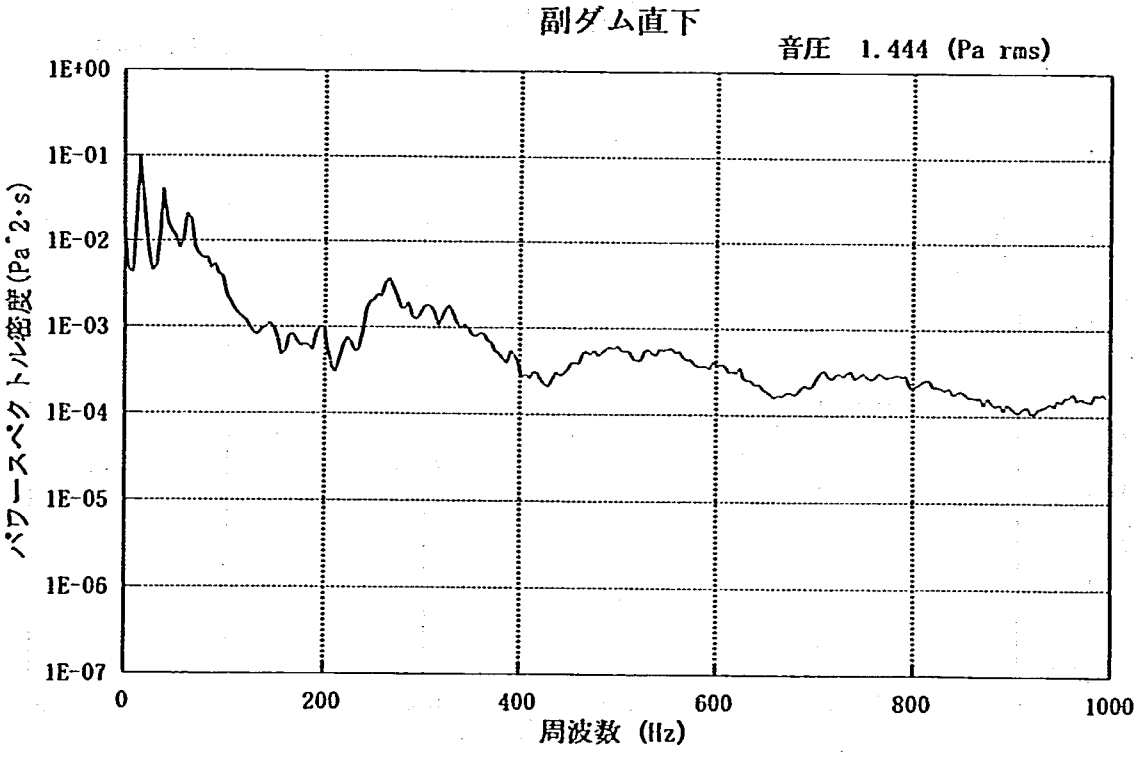




No.2-6-c
1/1模型 副ダム比較形状
D=87cm, h1=4cm, Z=2.0m
Q=23.90l/s
暗騒音補正後

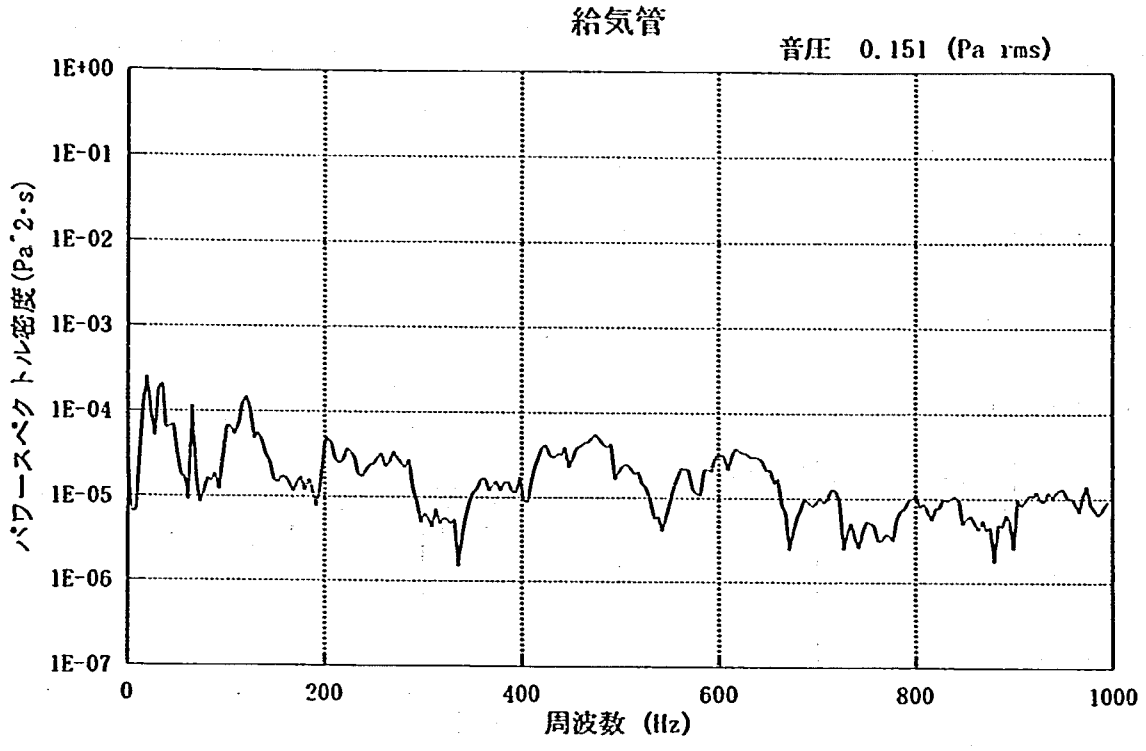
付図－6.117　圧力のパワースペクトル密度

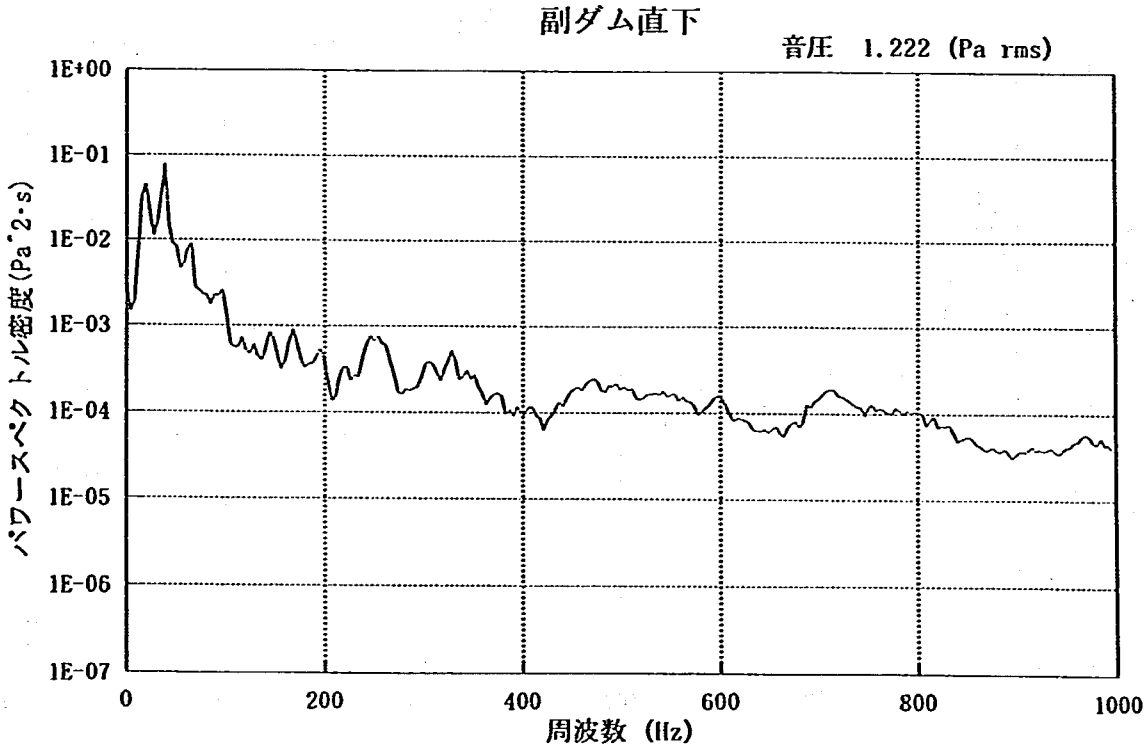




No.2-7-c
1/1模型 副ダム比較形状
D=87cm, h1=6cm, Z=3.0m
Q=54.58L/s
暗騒音補正後

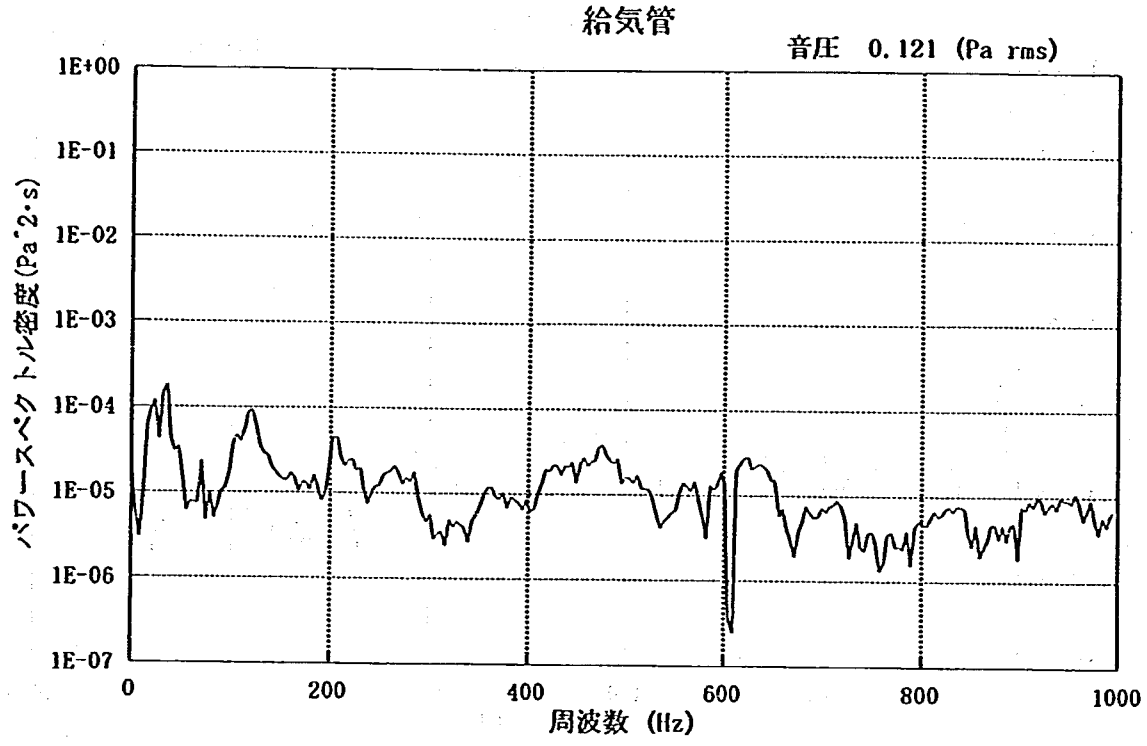
付図−6.118　圧力のパワースペクトル密度

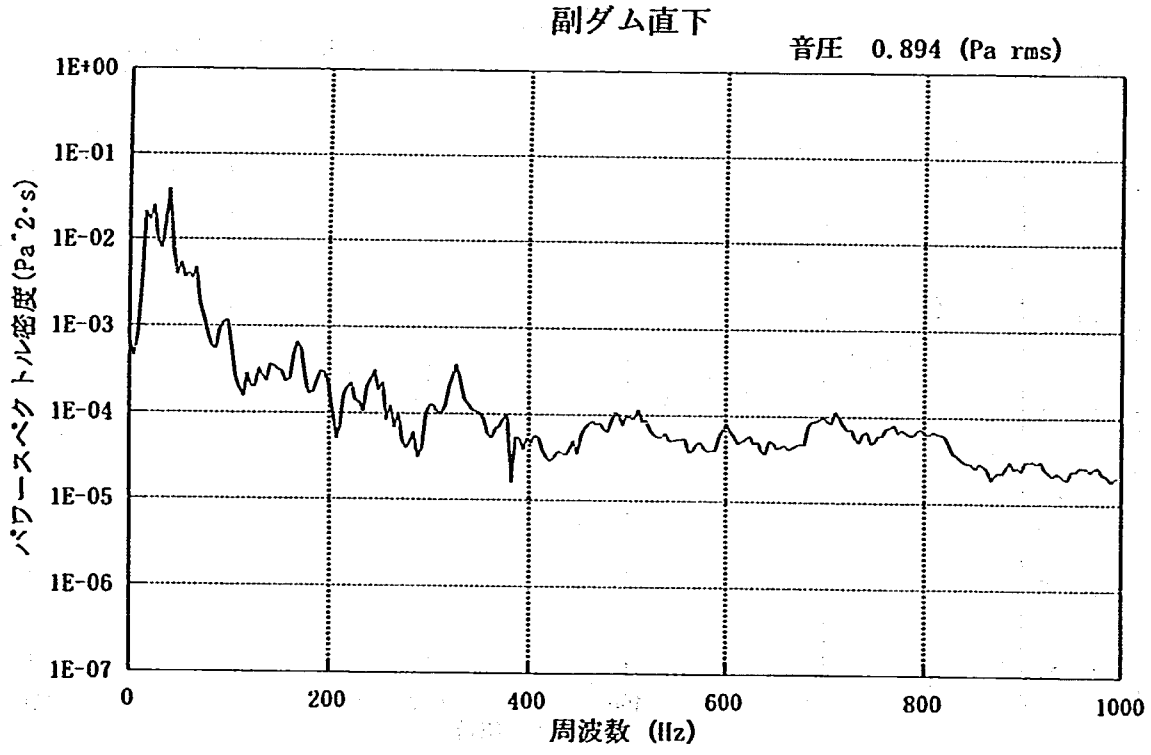




No.2-8-c
1/1模型 副ダム比較形状
D=87cm, h1=6cm, Z=2.5m
Q=44.96L/s
暗騒音補正後

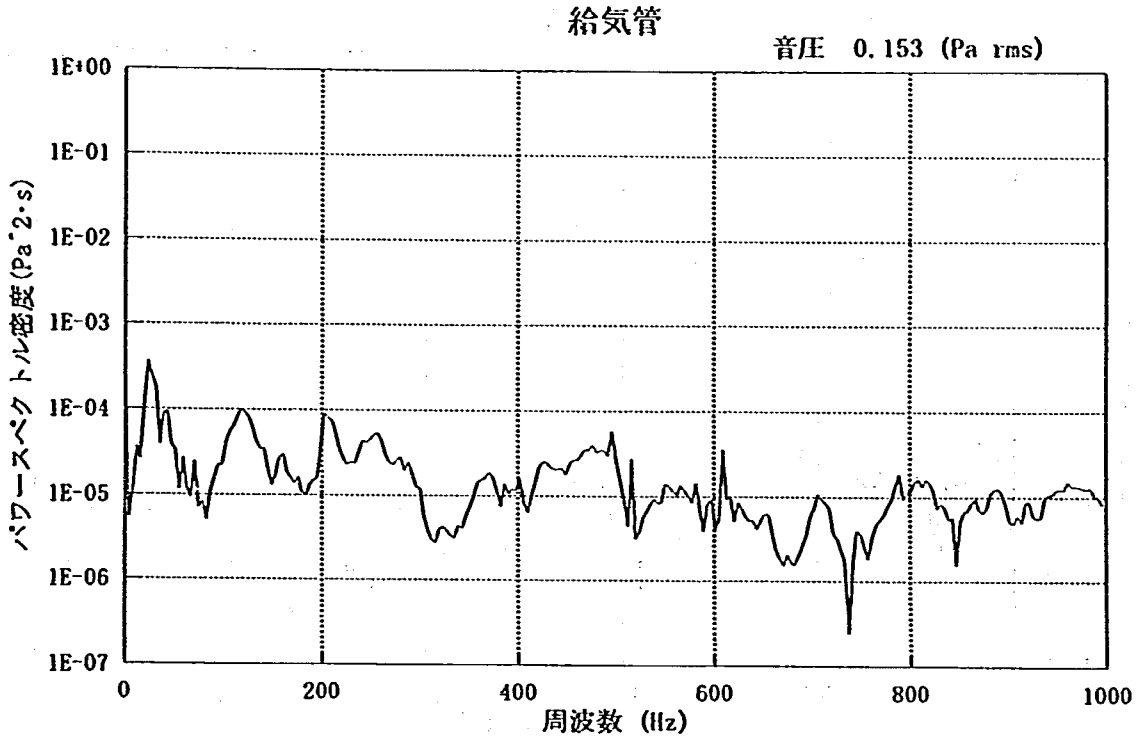
付図－6.119　圧力のパワースペクトル密度

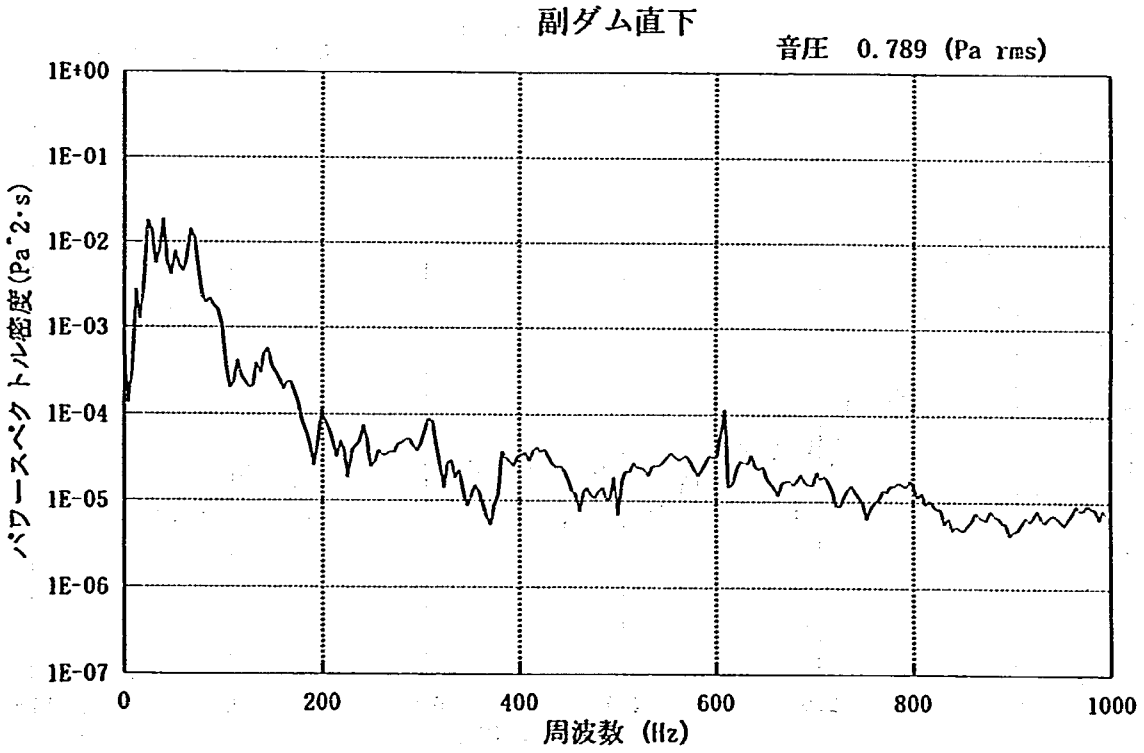




No.2-9-c
1/1模型 副ダム比較形状
D=87cm, h1=6cm, Z=2.0m
Q=34.07L/s
暗騒音補正後

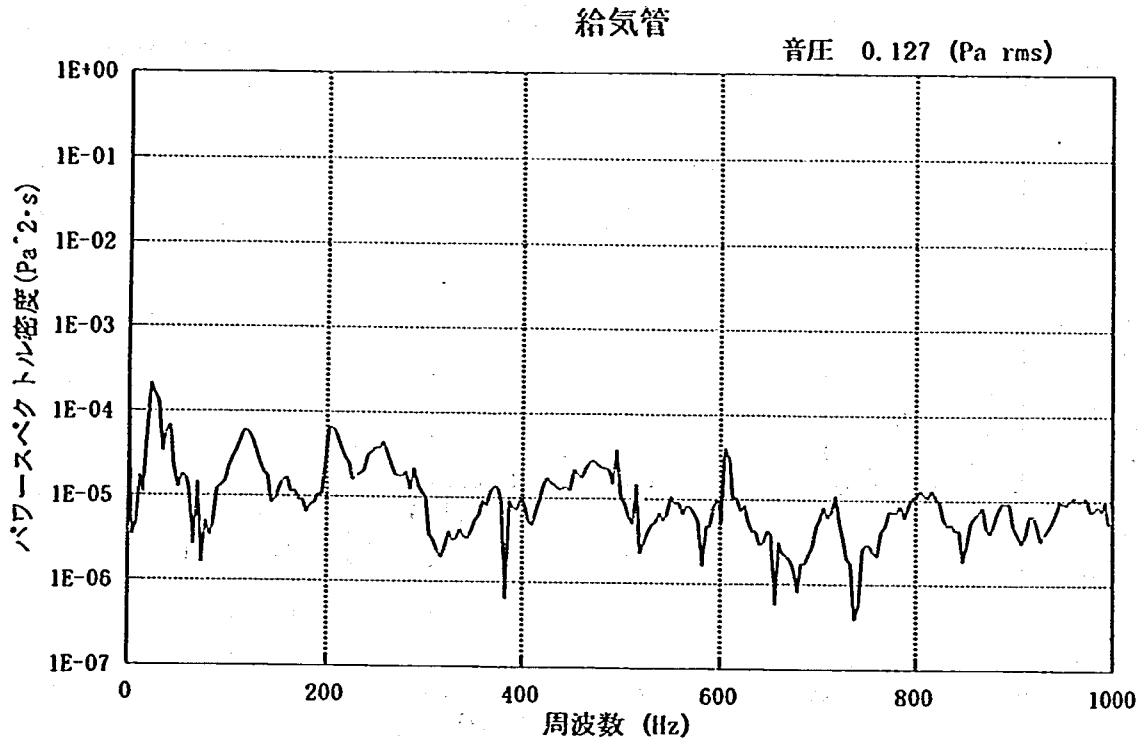
付図−6.120　圧力のパワースペクトル密度

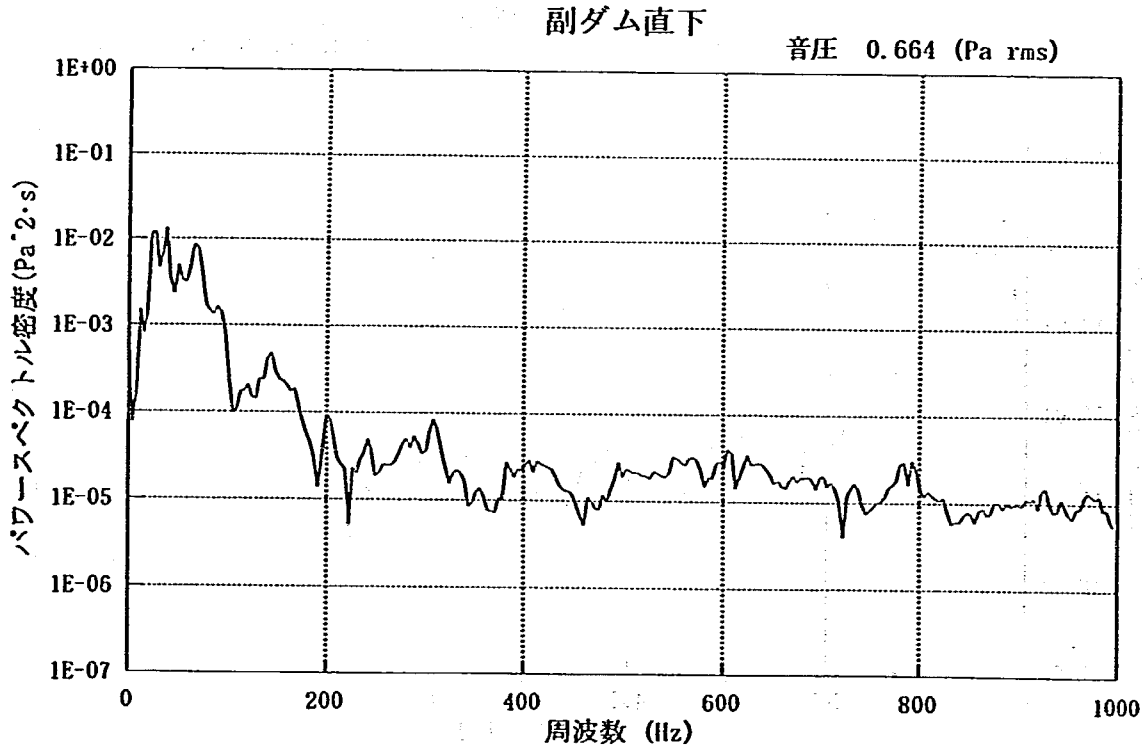




No.2-1-d
1/1模型 副ダム原形状
D=77cm, h1=3cm, Z=3.0m
Q=28.15L/s
暗騒音補正後

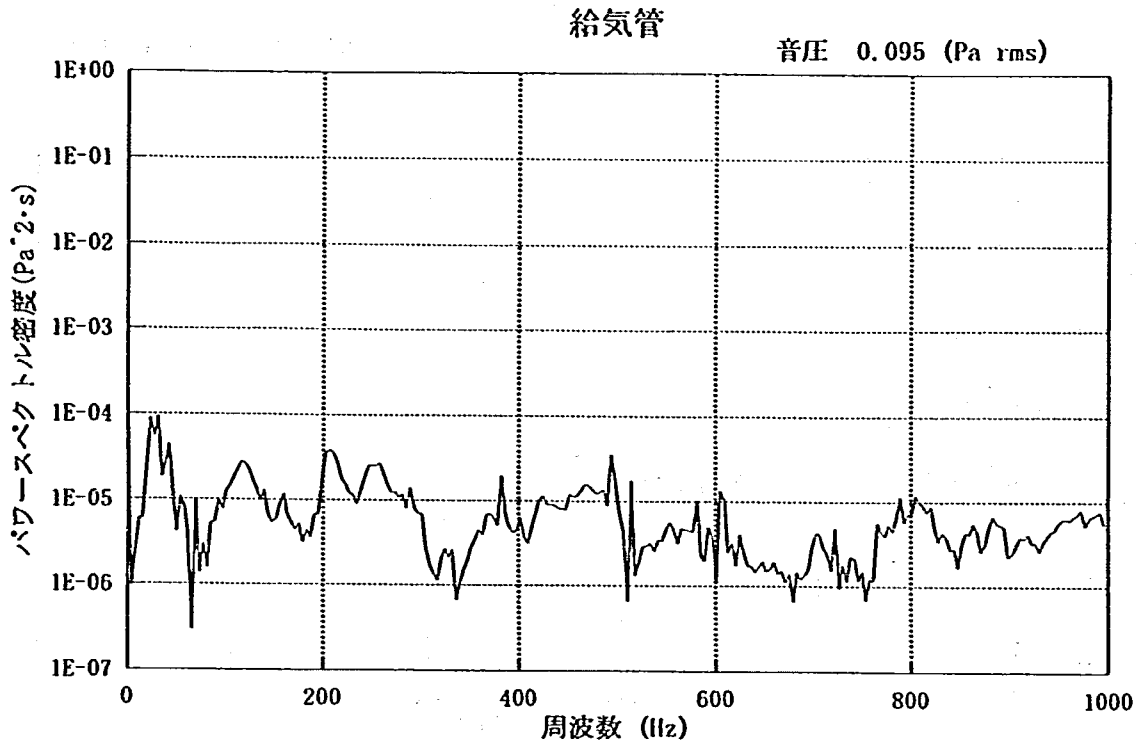
付図−6.121　圧力のパワースペクトル密度

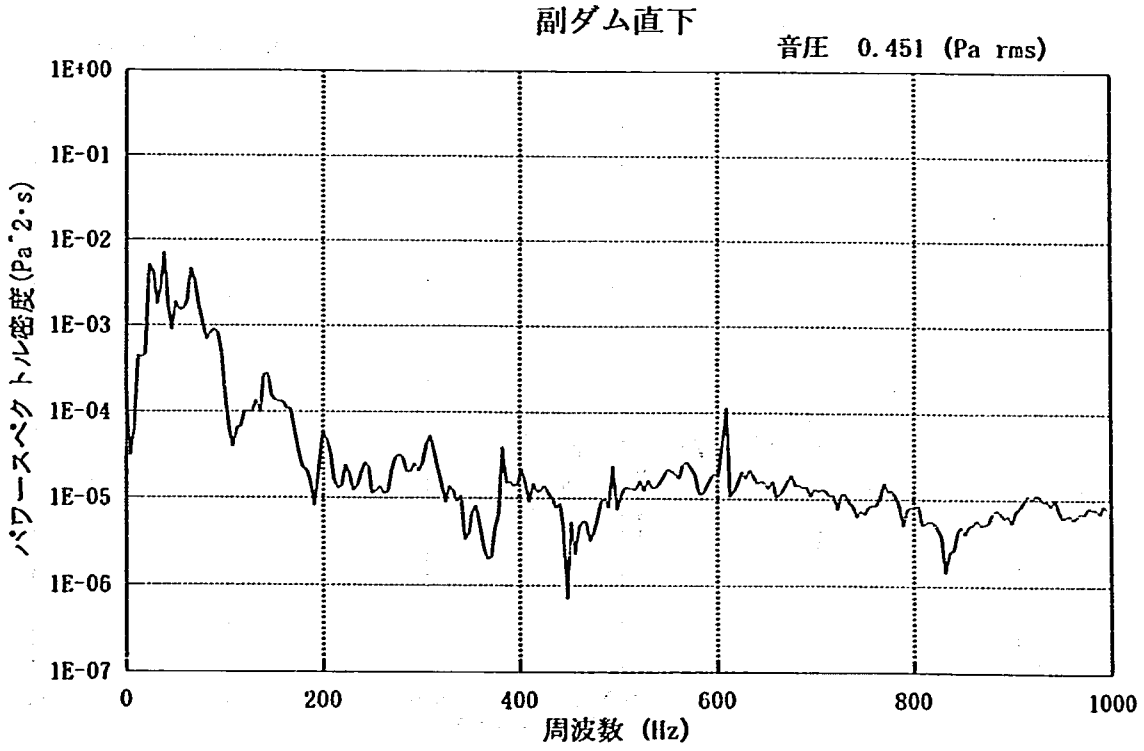




No.2-2-d
1/1模型 副ダム原形状
D=77cm, h1=3cm, Z=2.5m
Q=23.46L/s
暗騒音補正後

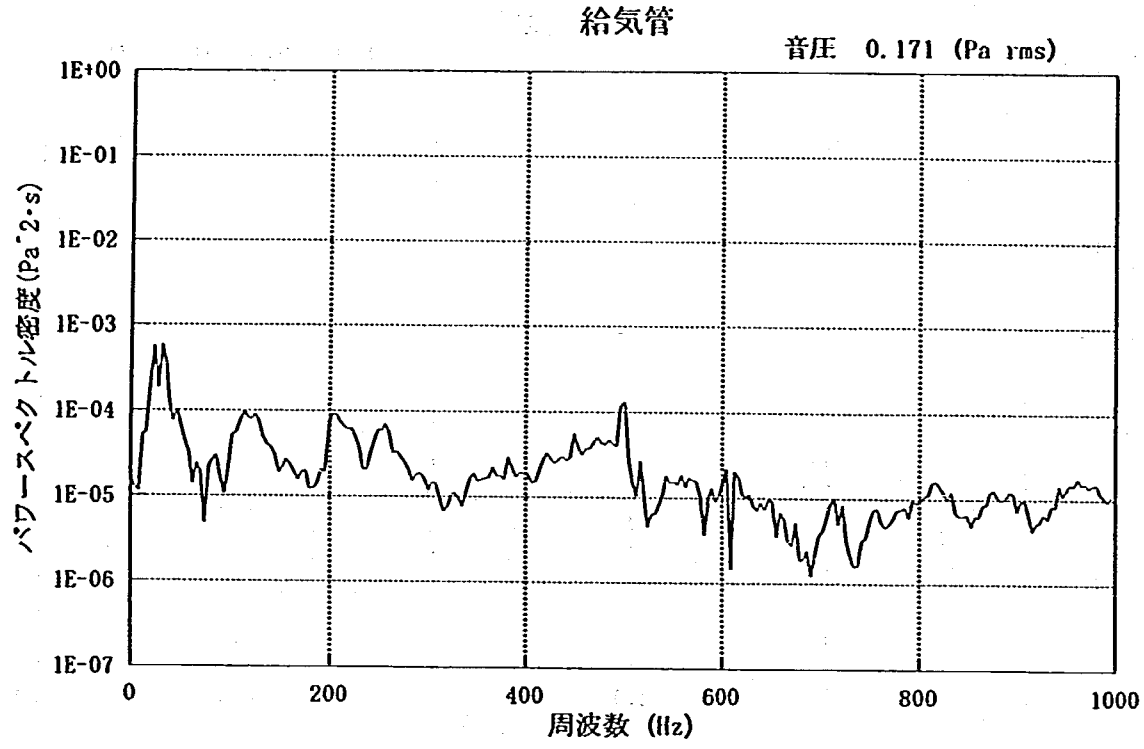
付図－6.122　圧力のパワースペクトル密度

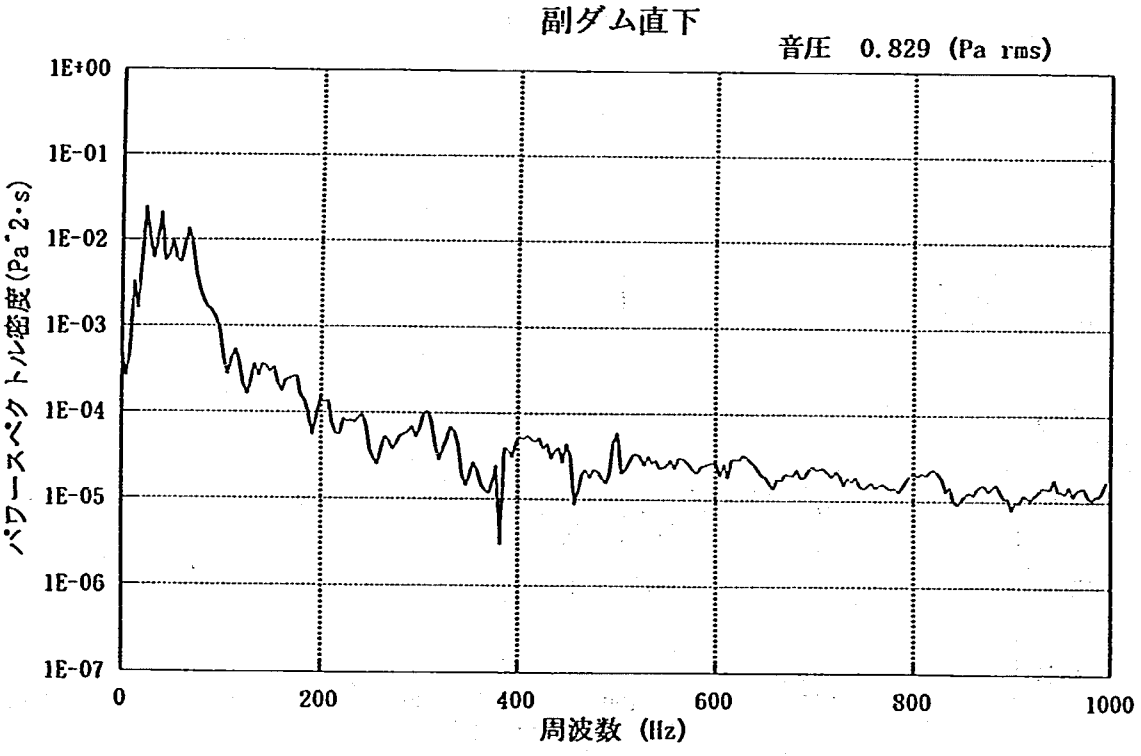




No.2-3-d
1/1模型 副ダム原形状
D=77cm, h1=3cm, Z=2.0m
Q=18.51L/s
暗騒音補正後

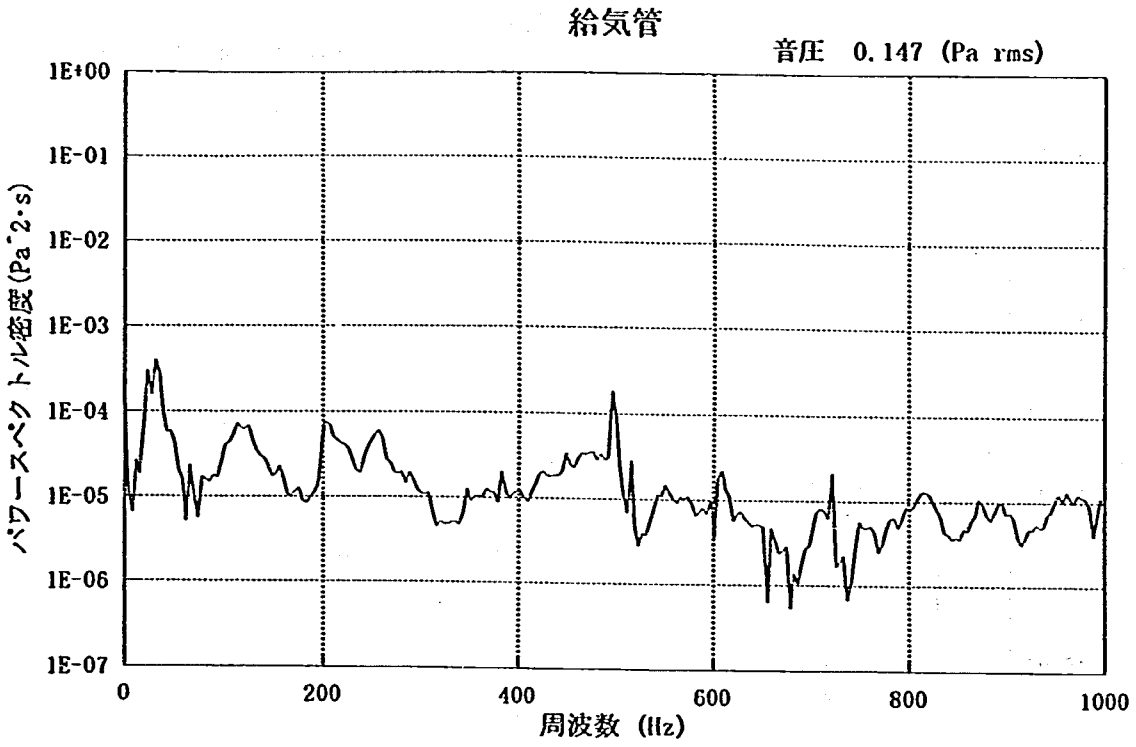
付図－6.123　圧力のパワースペクトル密度

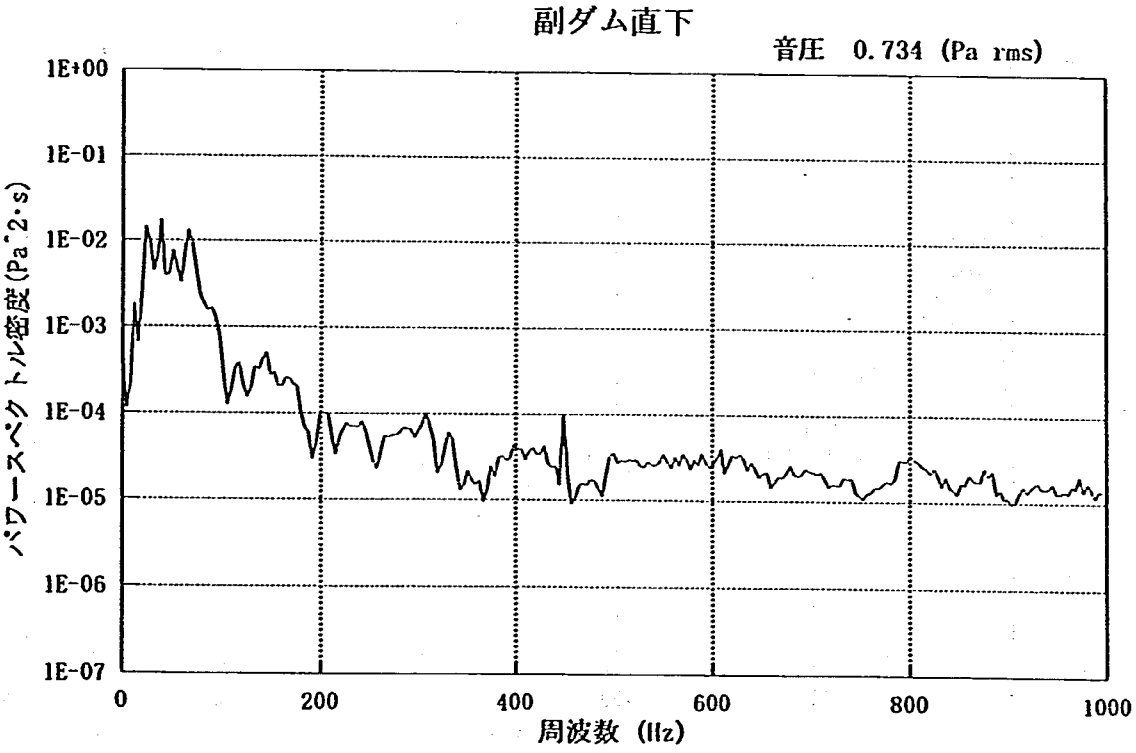




No.2-4-d
1/1模型 副ダム原形状
D=77cm, h1=4cm, Z=3.0m
Q=37.65L/s
暗騒音補正後

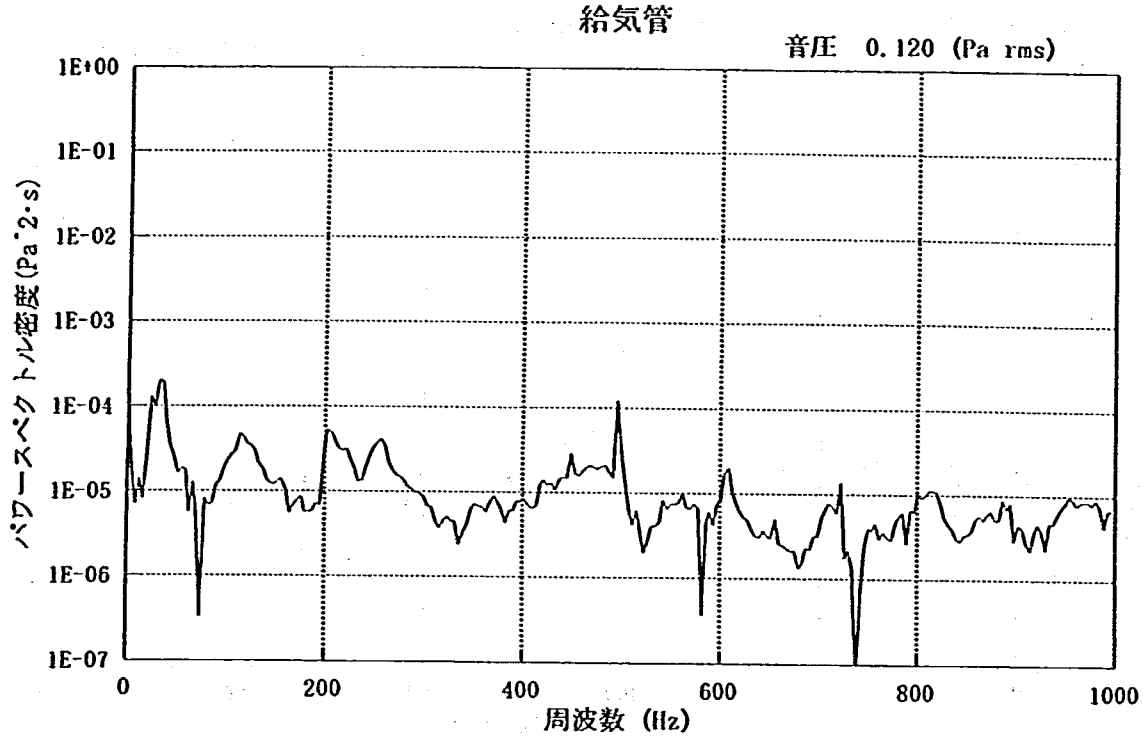
付図−6.124　圧力のパワースペクトル密度

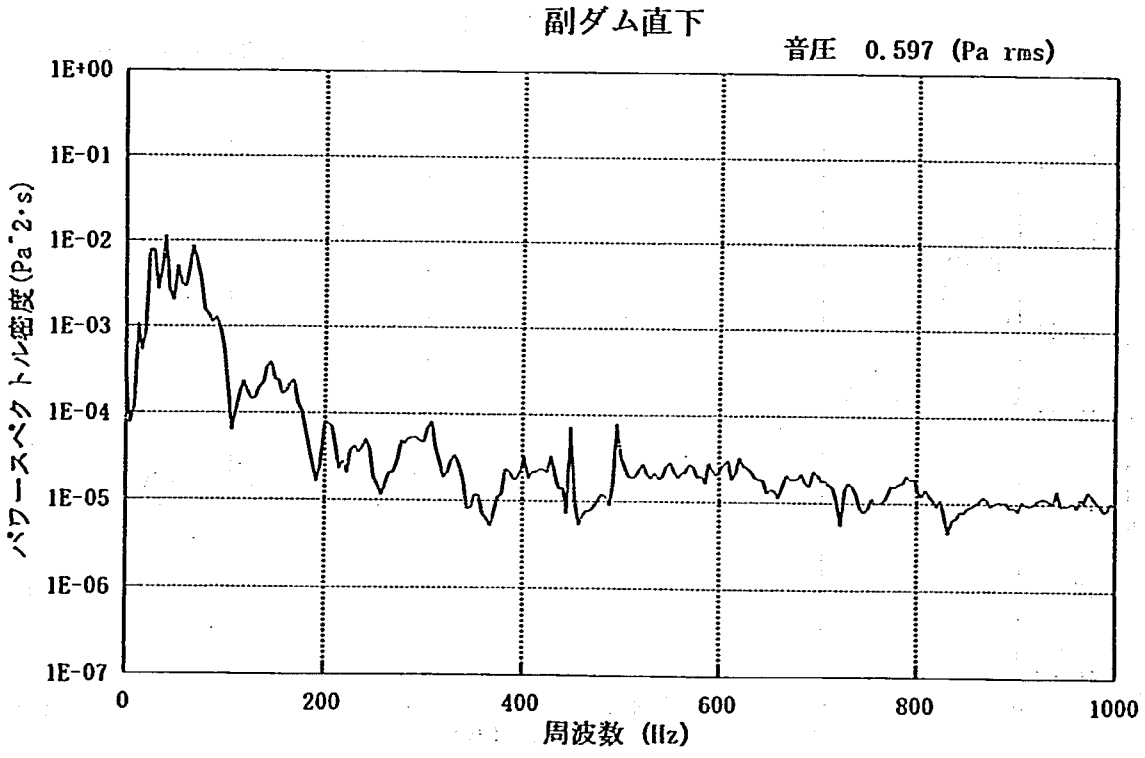




No.2-5-d
1/1模型 副ダム原形状
D=77cm, h1=4cm, Z=2.5m
Q=31.21L/s
暗騒音補正後

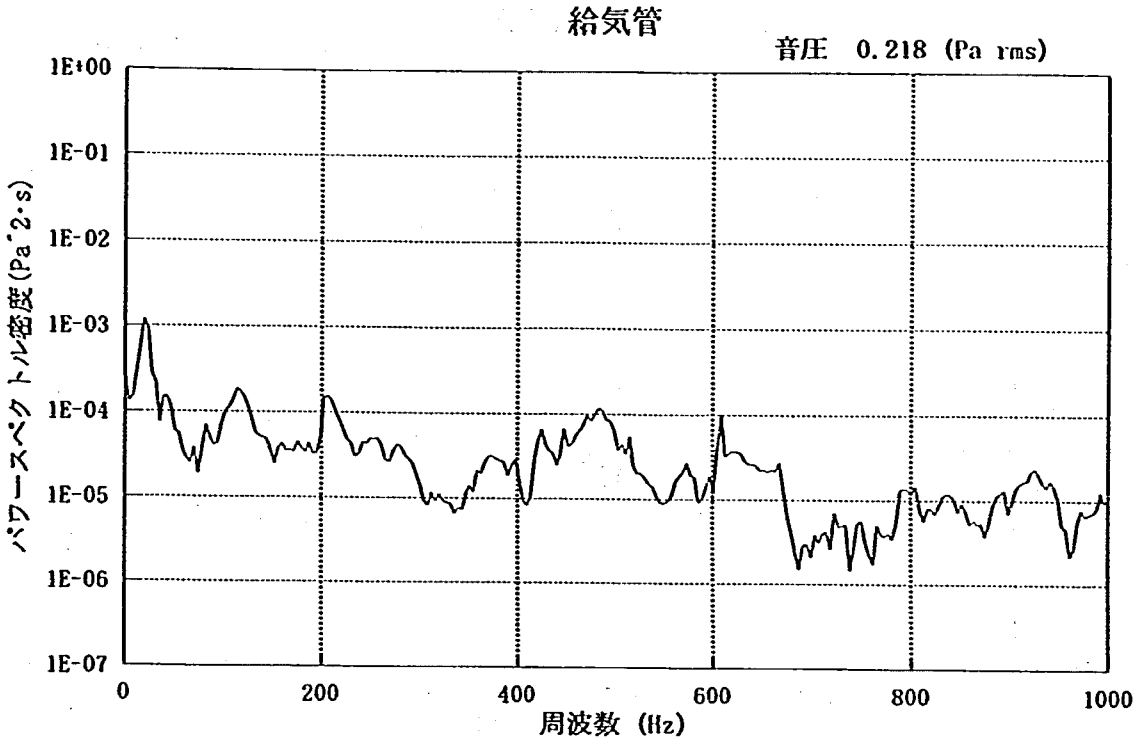
付図－6.125　圧力のパワースペクトル密度

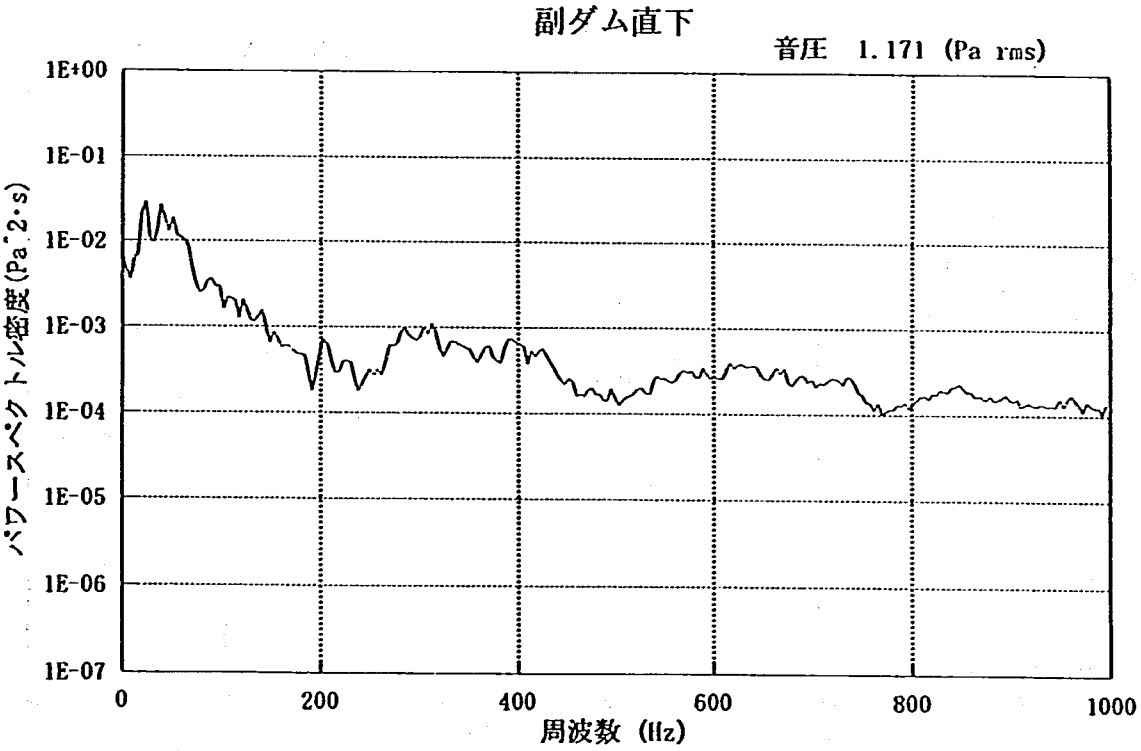




No.2-6-d
1/1模型 副ダム原形状
D=77cm, h1=4cm, Z=2.0m
Q=23.78L/s
暗騒音補正後

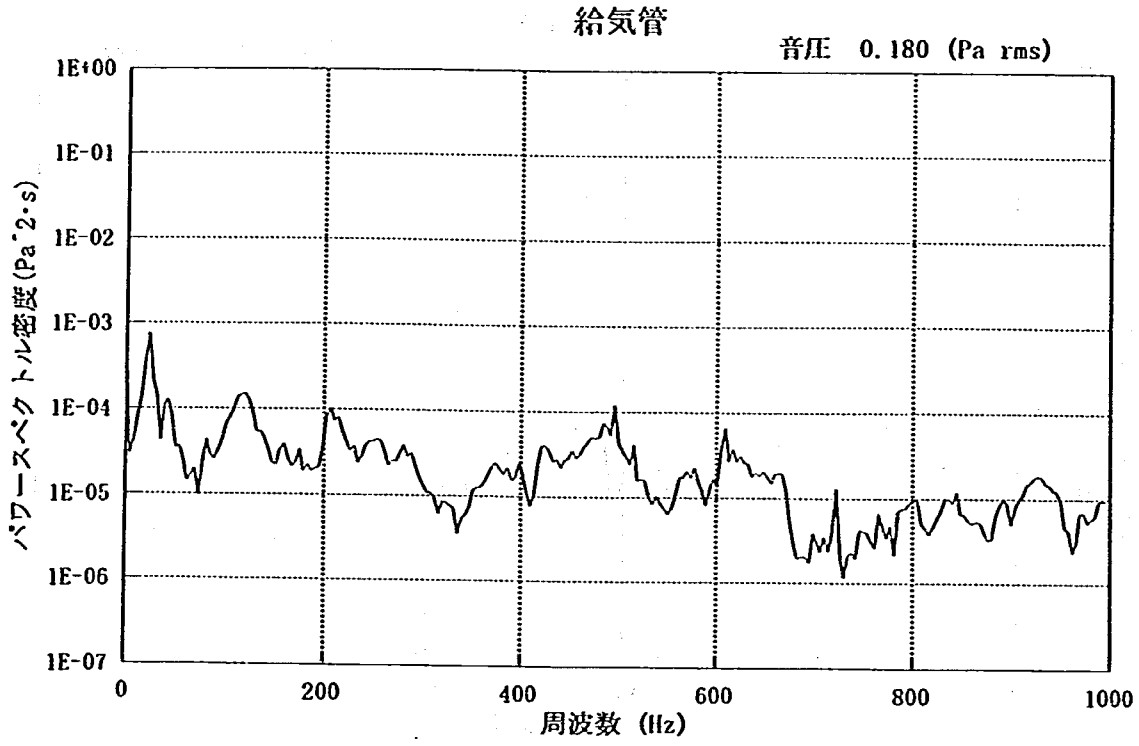
付図－6.126　圧力のパワースペクトル密度

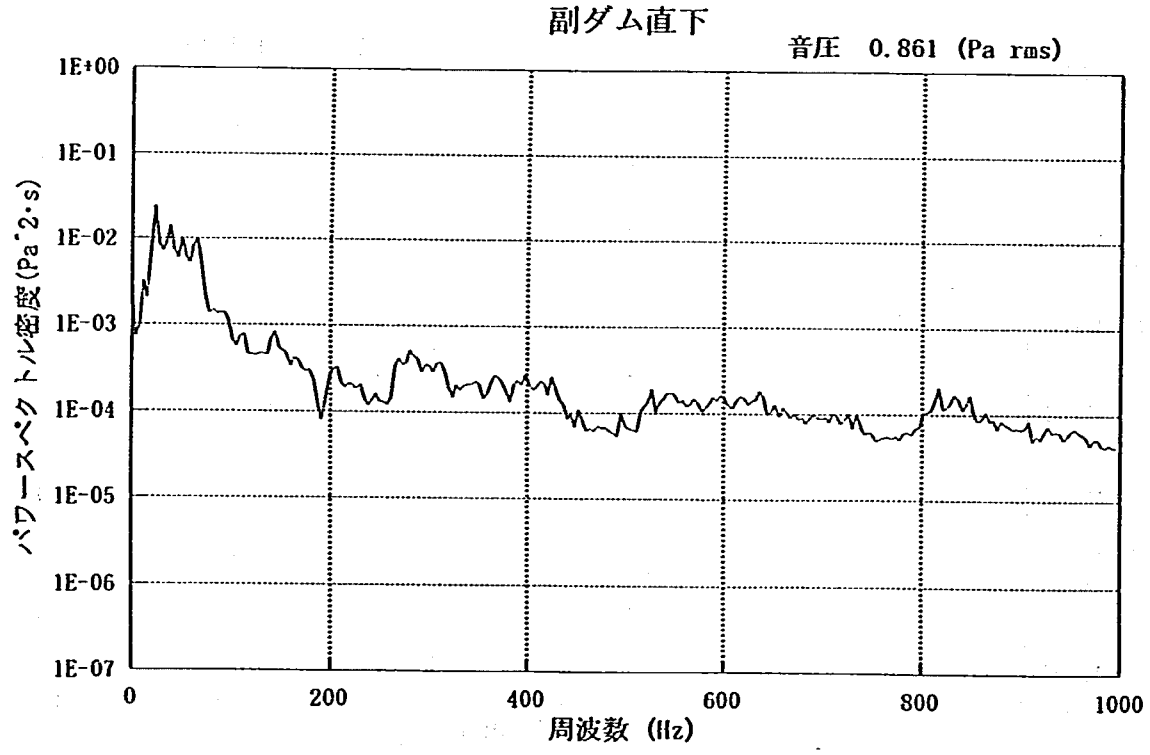




No.2-7-d
1/1模型 副ダム原形状
D=77cm, h1=6cm, Z=3.0m
Q=54.83L/s
暗騒音補正後

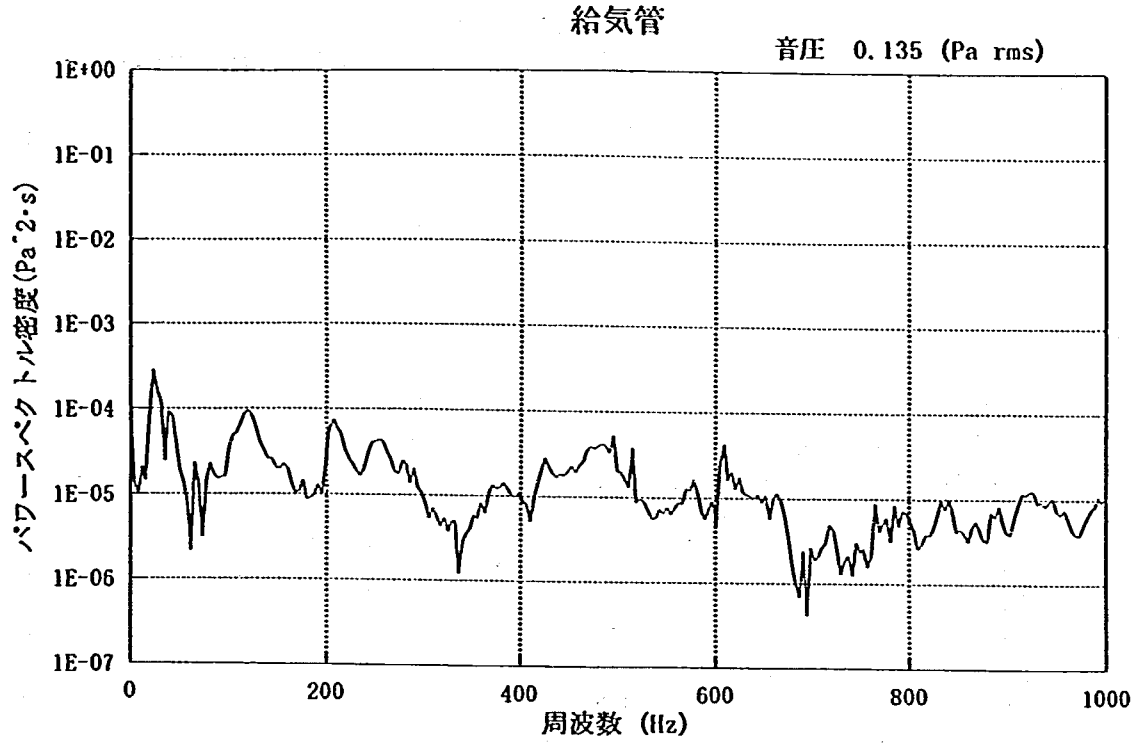
付図－6.127　圧力のパワースペクトル密度

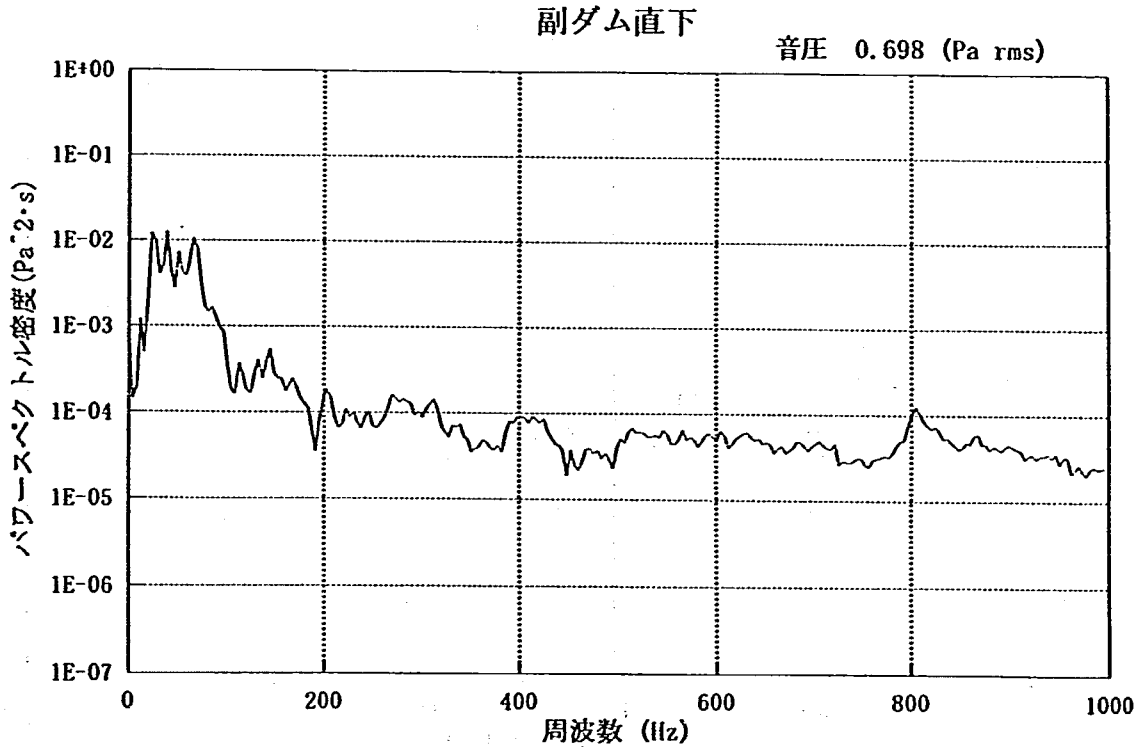




No.2-8-d
1/1模型 副ダム原形状
D=77cm, h1=6cm, Z=2.5m
Q=45.50L/s
暗騒音補正後

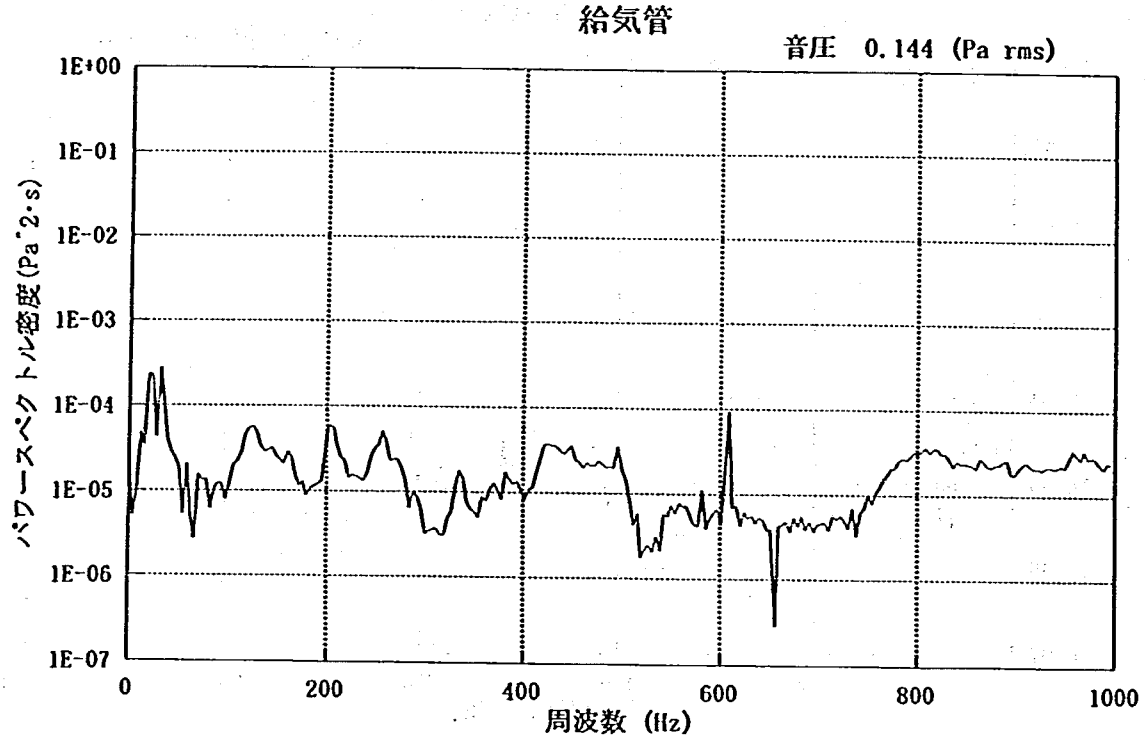
付図－6.128 圧力のパワースペクトル密度

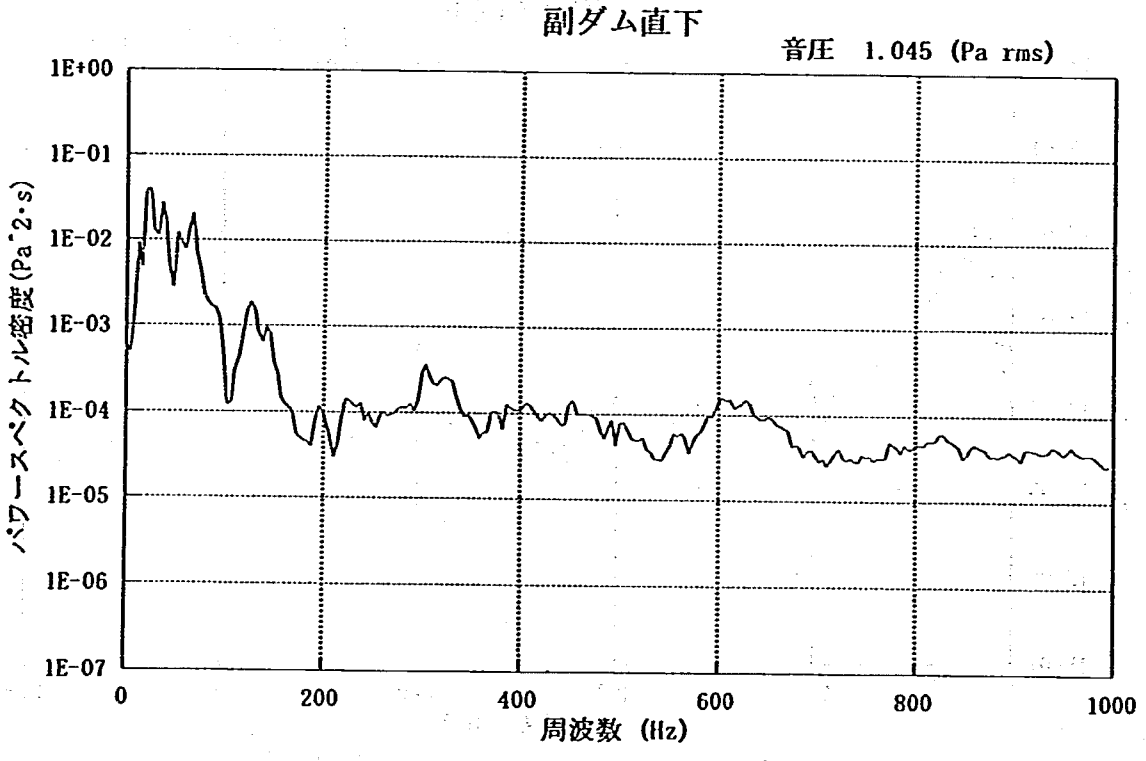




No.2-9-d
1/1模型 副ダム原形状
D=77cm, h1=6cm, Z=2.0m
Q=34.37L/s
暗騒音補正後

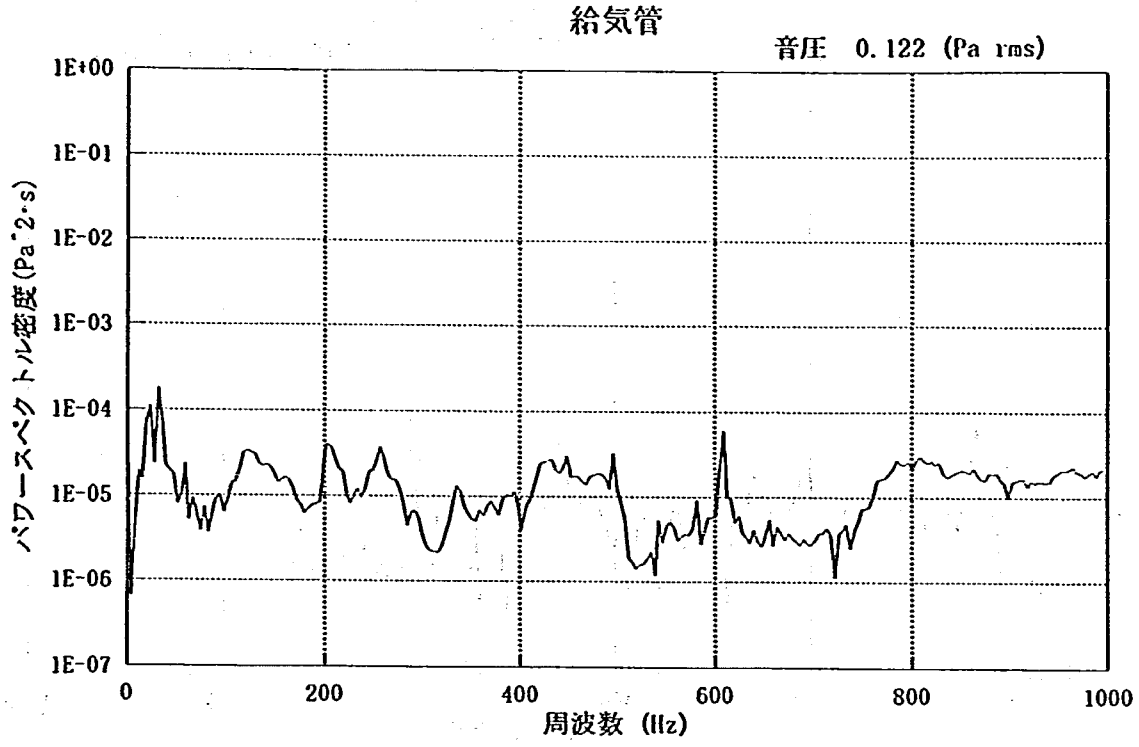
付図－6.129　圧力のパワースペクトル密度

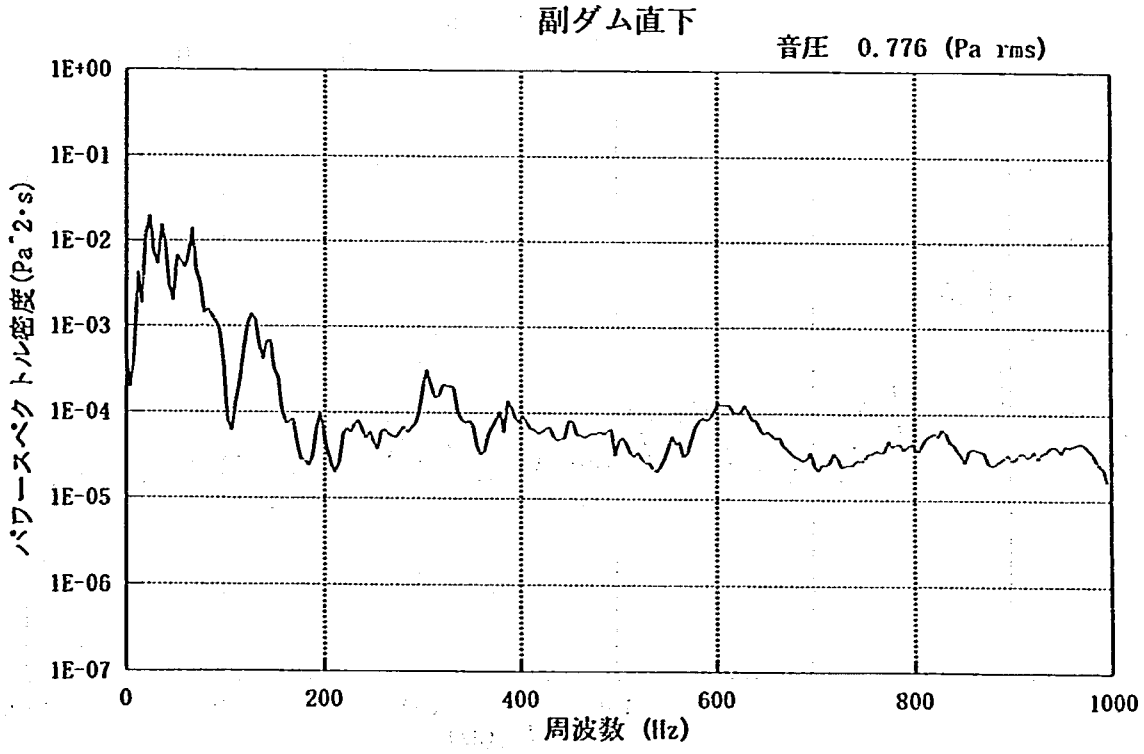




No.2-1-e
1/1模型 副ダム原形状
D=97cm, h1=3cm, Z=3.0m
Q=28.16l./s
暗騒音補正後

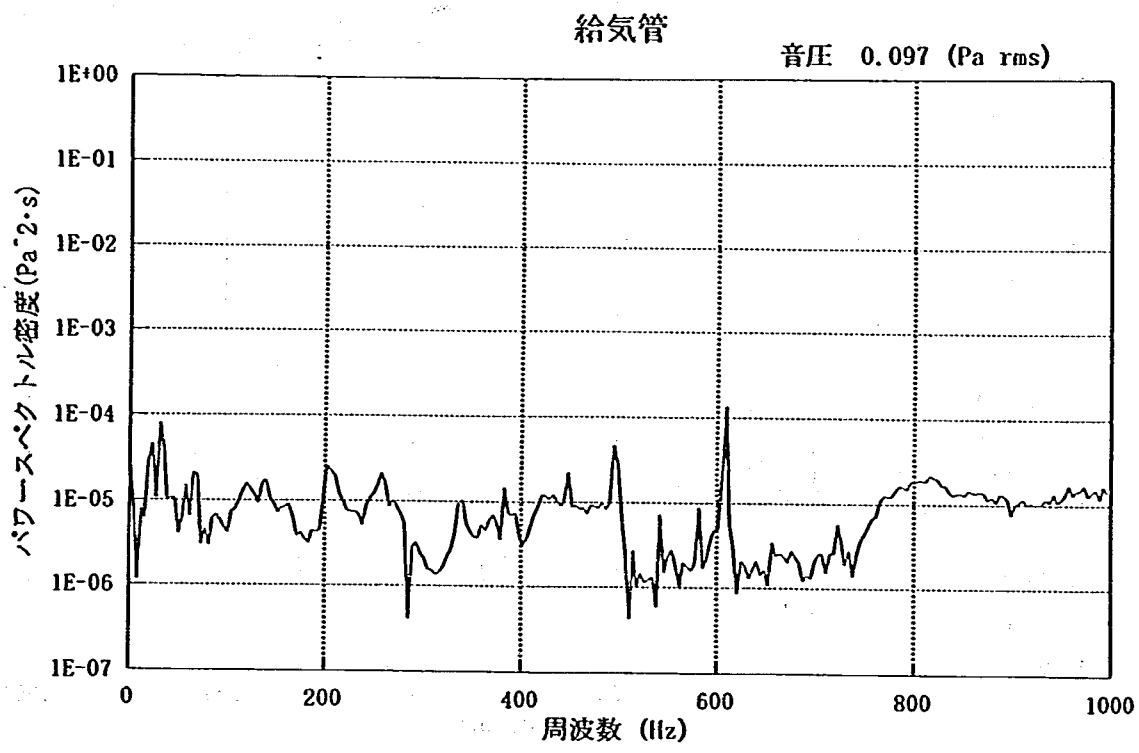
付図－6.130　圧力のパワースペクトル密度

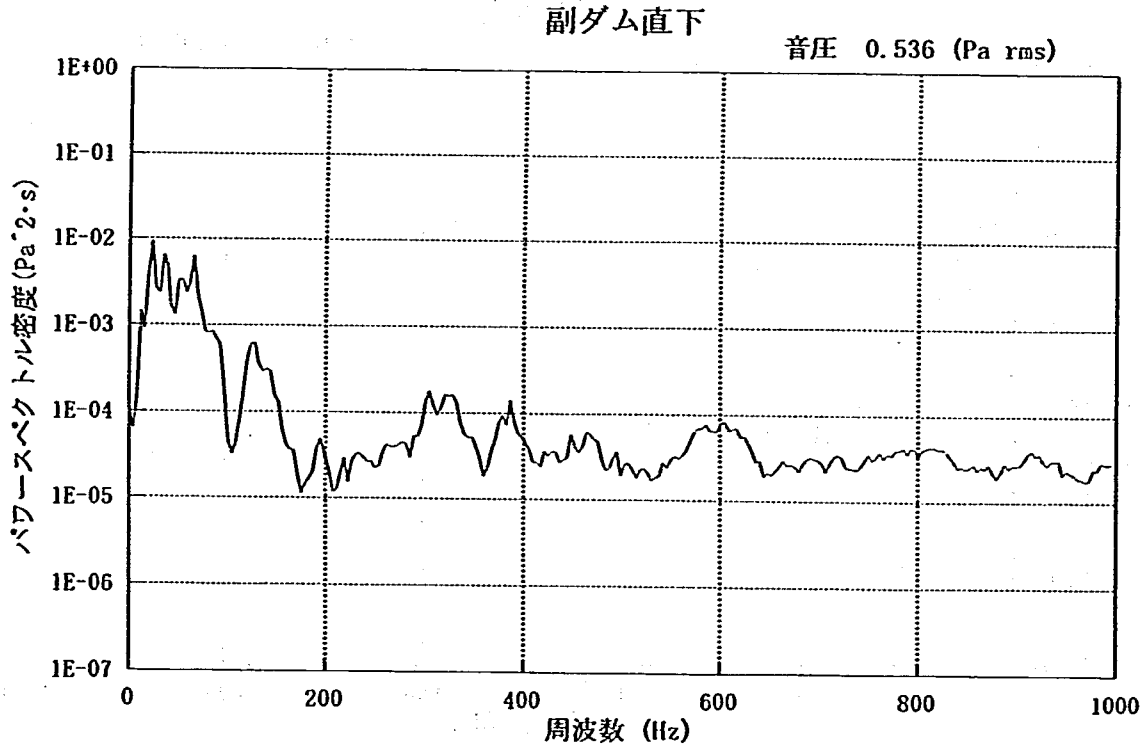




No.2-2-e
1/1模型 副ダム原形状
D=97cm, h1=3cm, Z=2.5m
Q=23.36l/s
暗騒音補正後

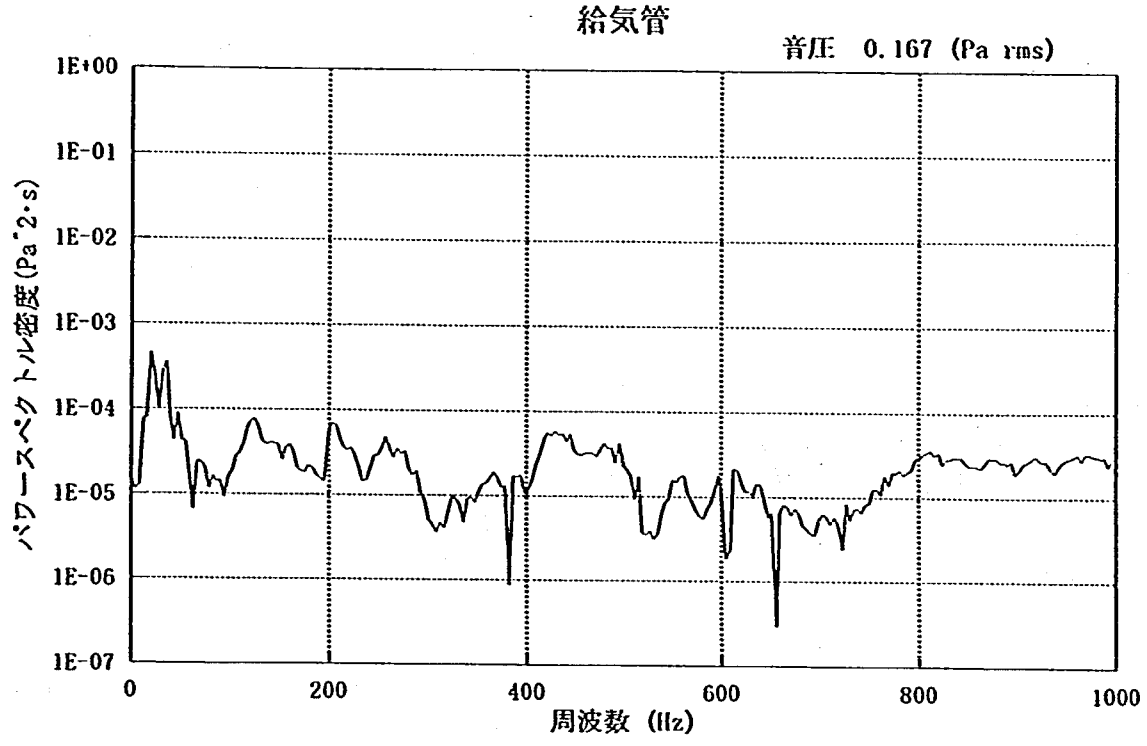
付図－6.131　圧力のパワースペクトル密度

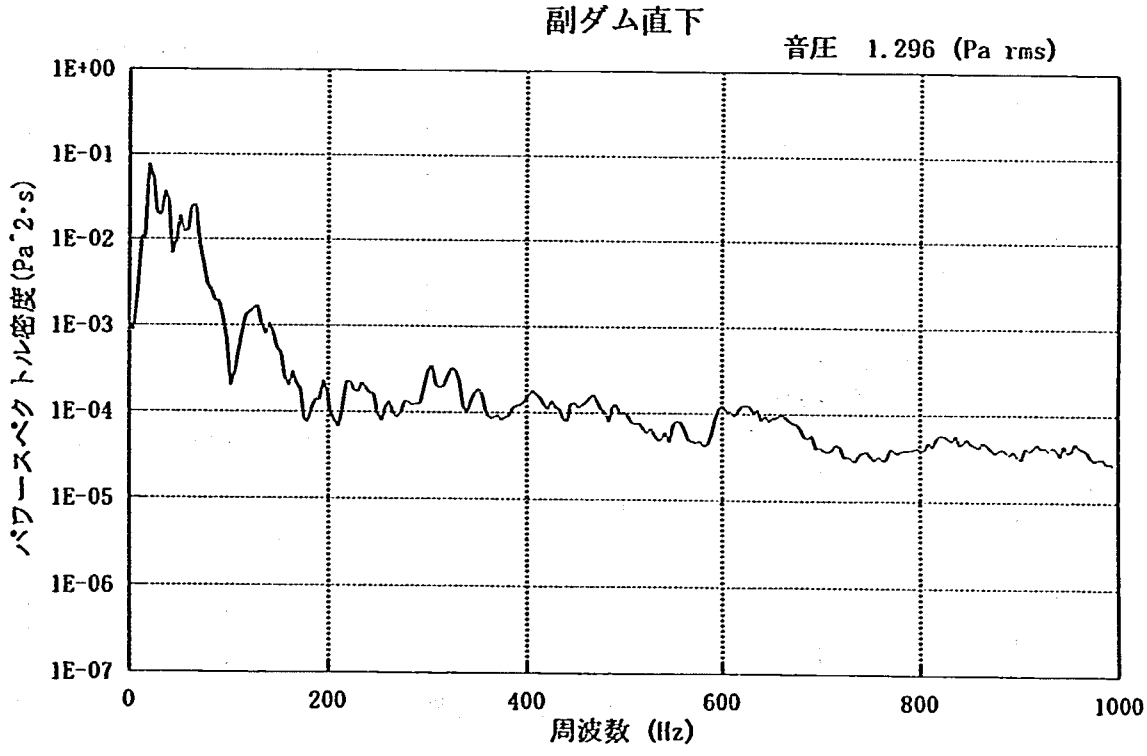




No.2-3-e
1/1模型 副ダム原形状
D=97cm, h1=3cm, Z=2.0m
Q=18.27L/s
暗騒音補正後

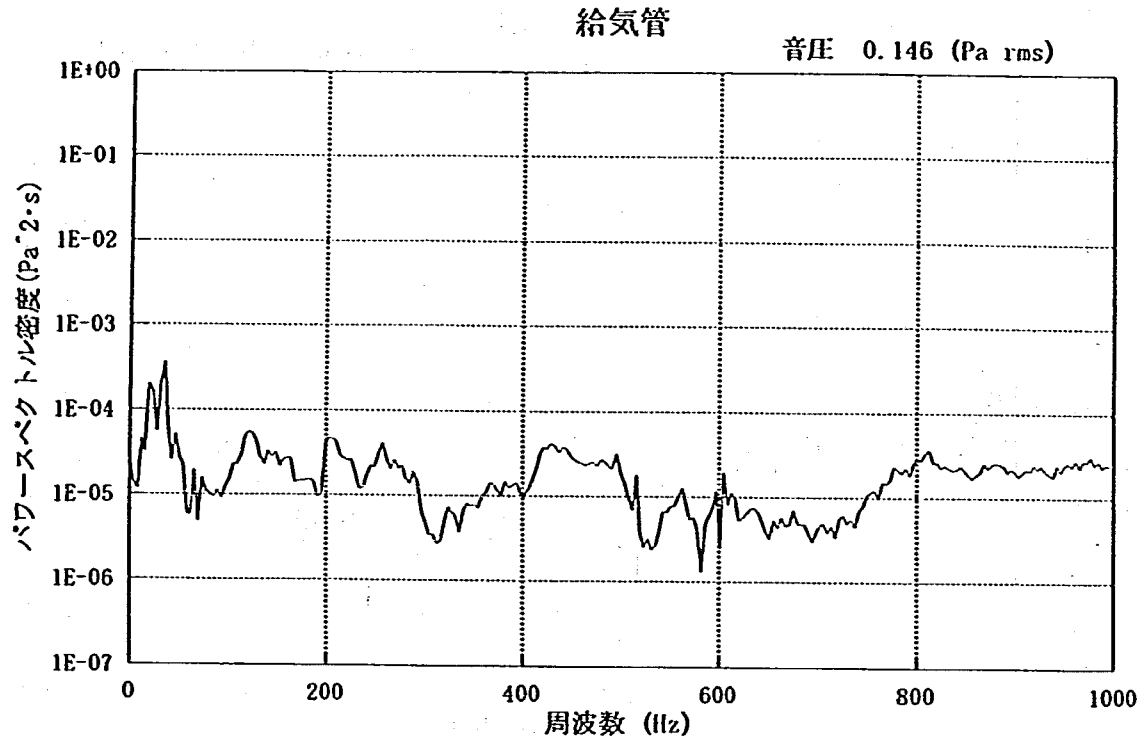
付図－6.132　圧力のパワースペクトル密度

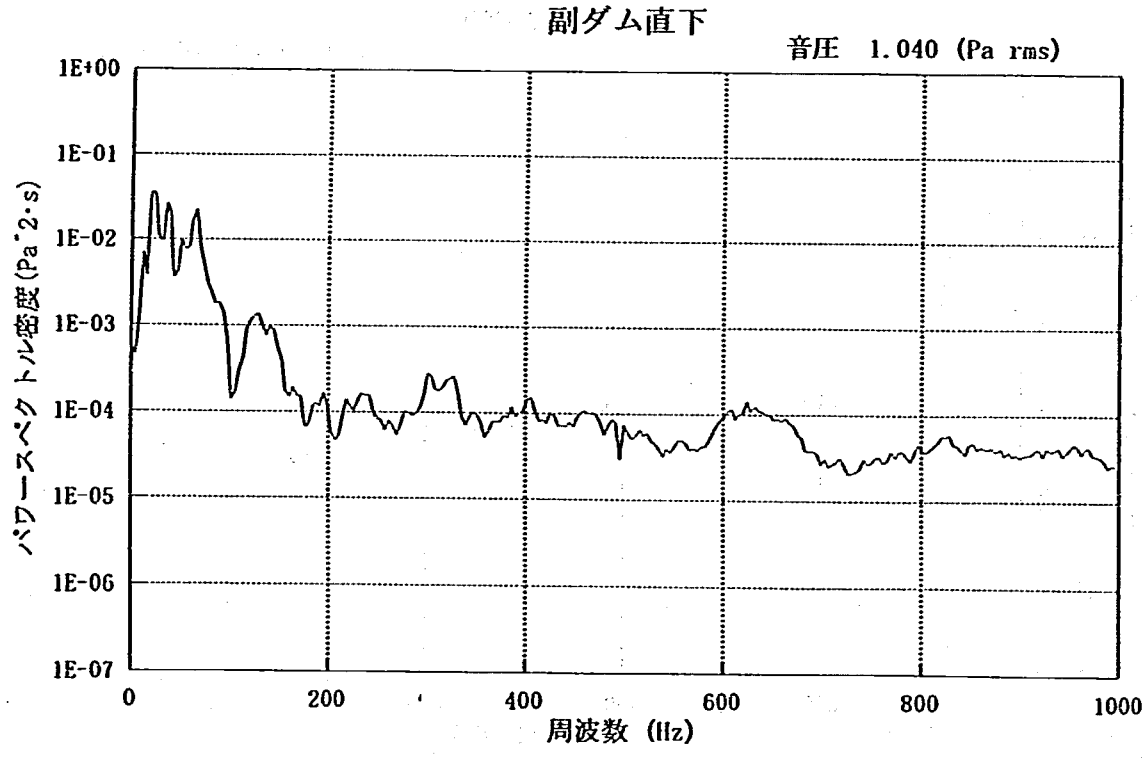




No.2-4-e
1/1模型 副ダム原形状
D=97cm, h1=4cm, Z=3.0m
Q=37.66L/s
暗騒音補正後

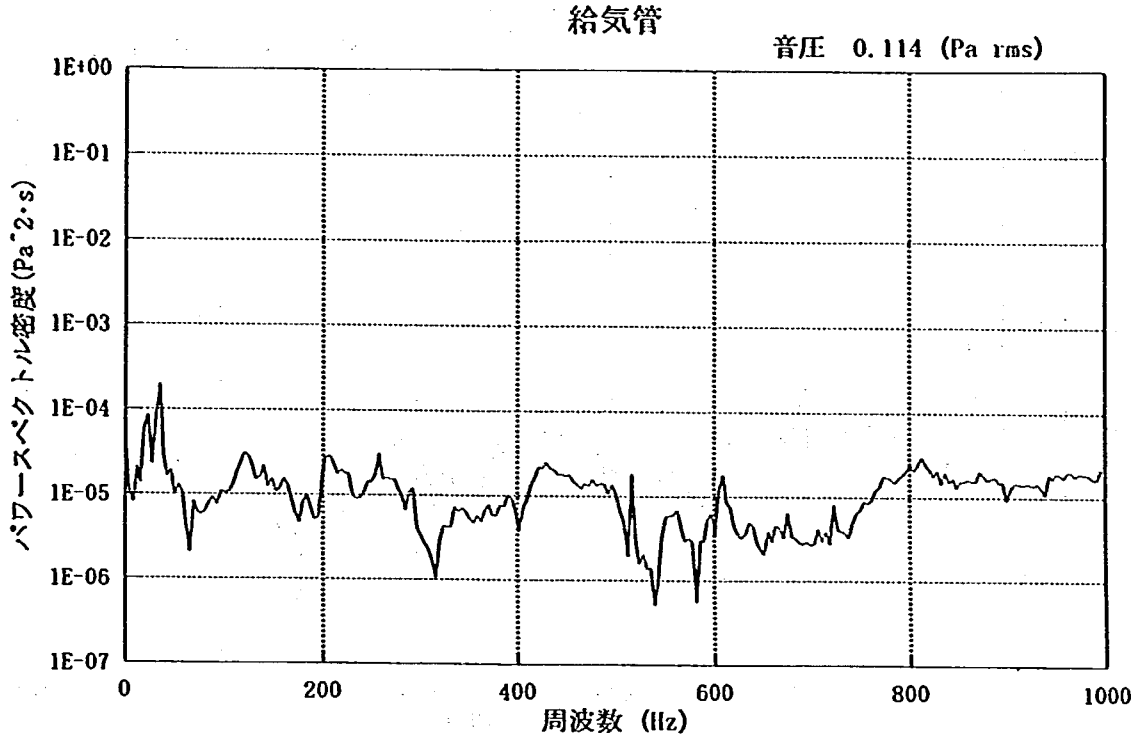
付図－6.133　圧力のパワースペクトル密度

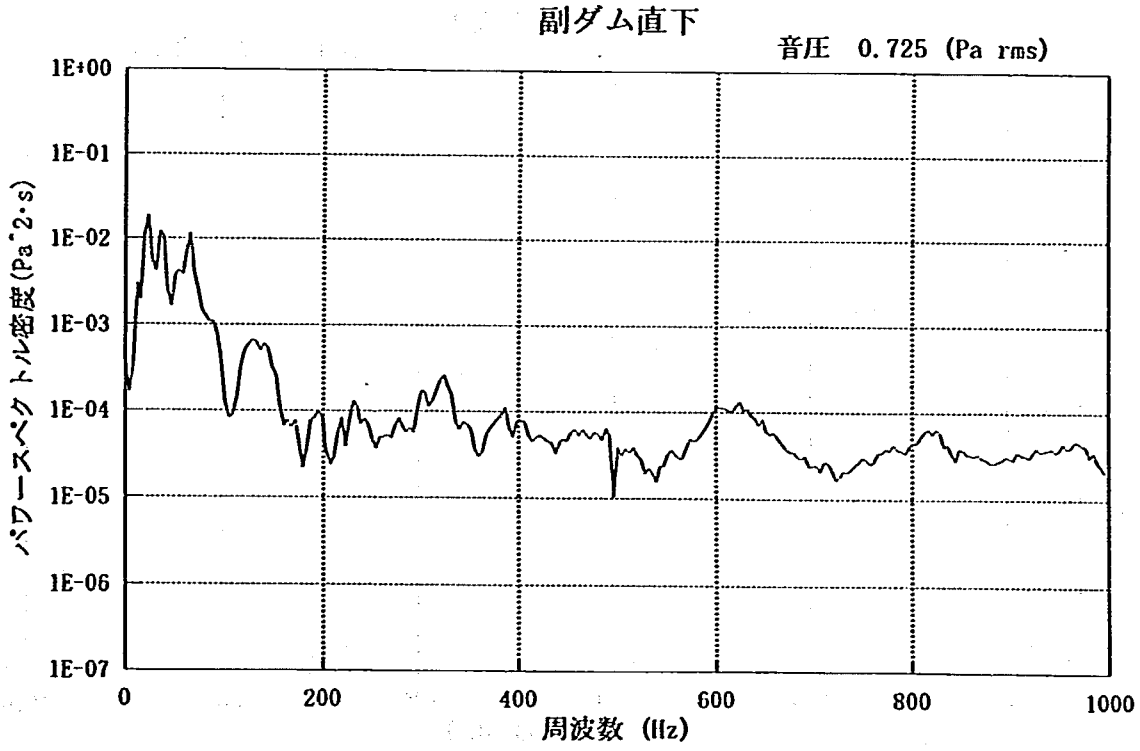




No.2-5-e
1/1模型 副ダム原形状
D=97cm, h1=4cm, Z=2.5m
Q=31.30L/s
暗騒音補正後

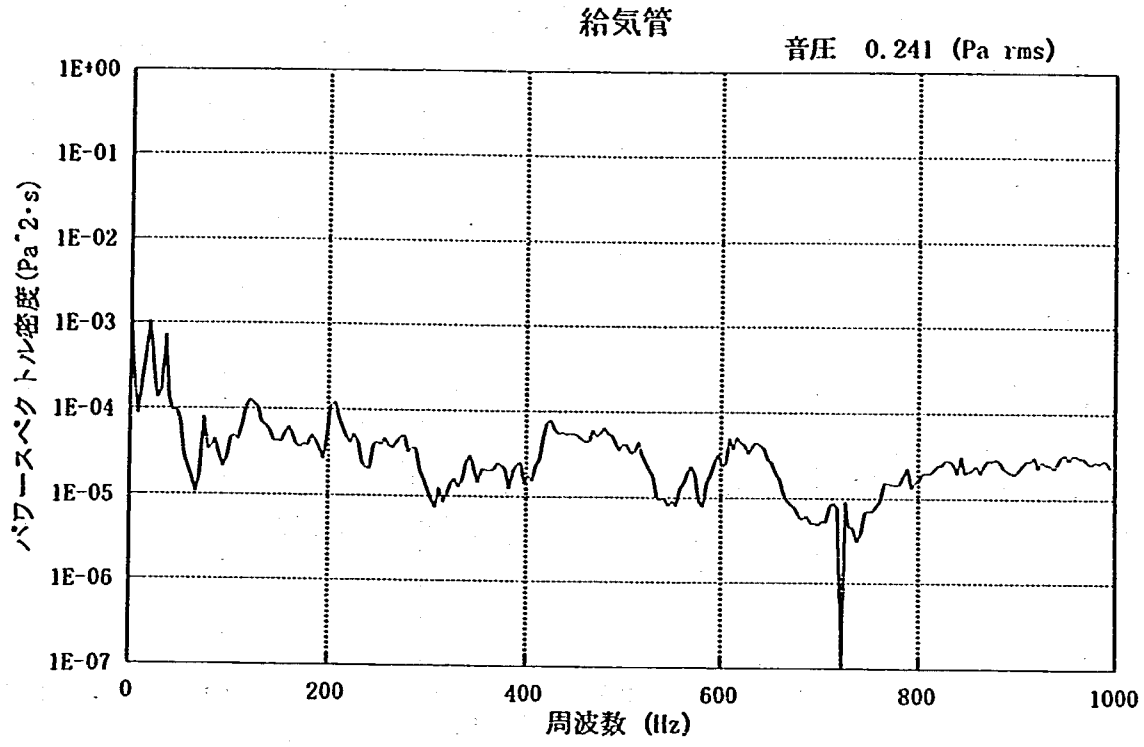
付図－6.134　圧力のパワースペクトル密度

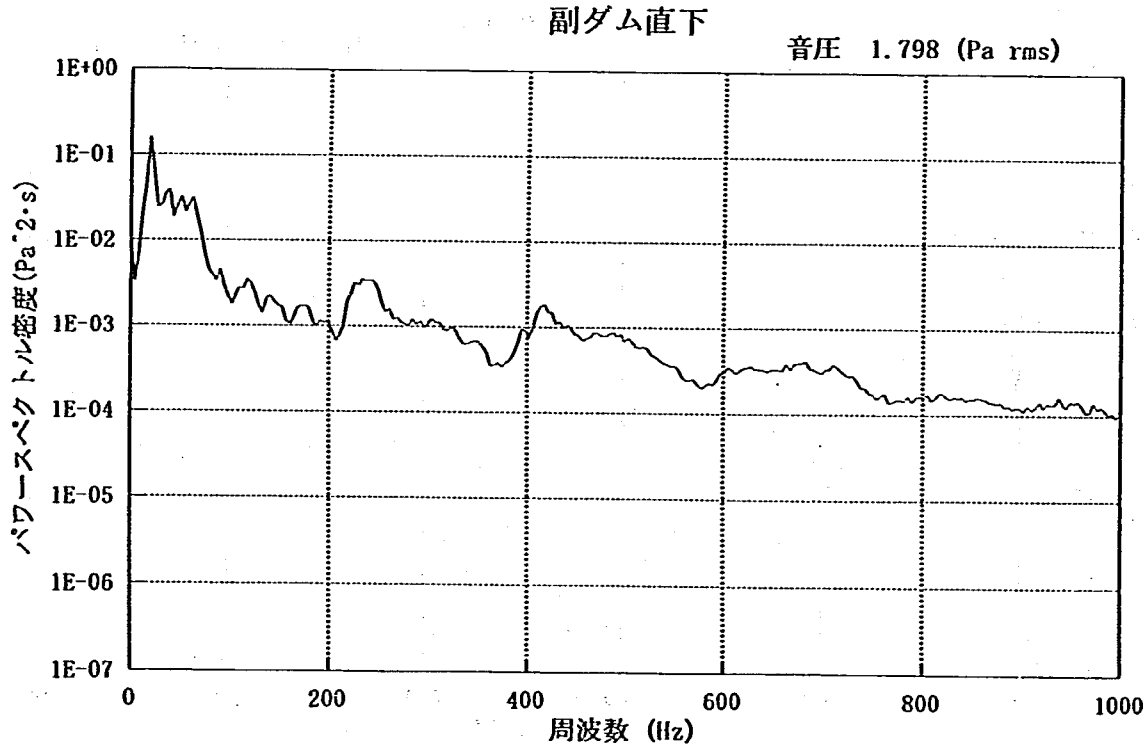




No.2-6-e
1/1模型 副ダム原形状
D=97cm, h1=4cm, Z=2.0m
Q=23.83L/s
暗騒音補正後

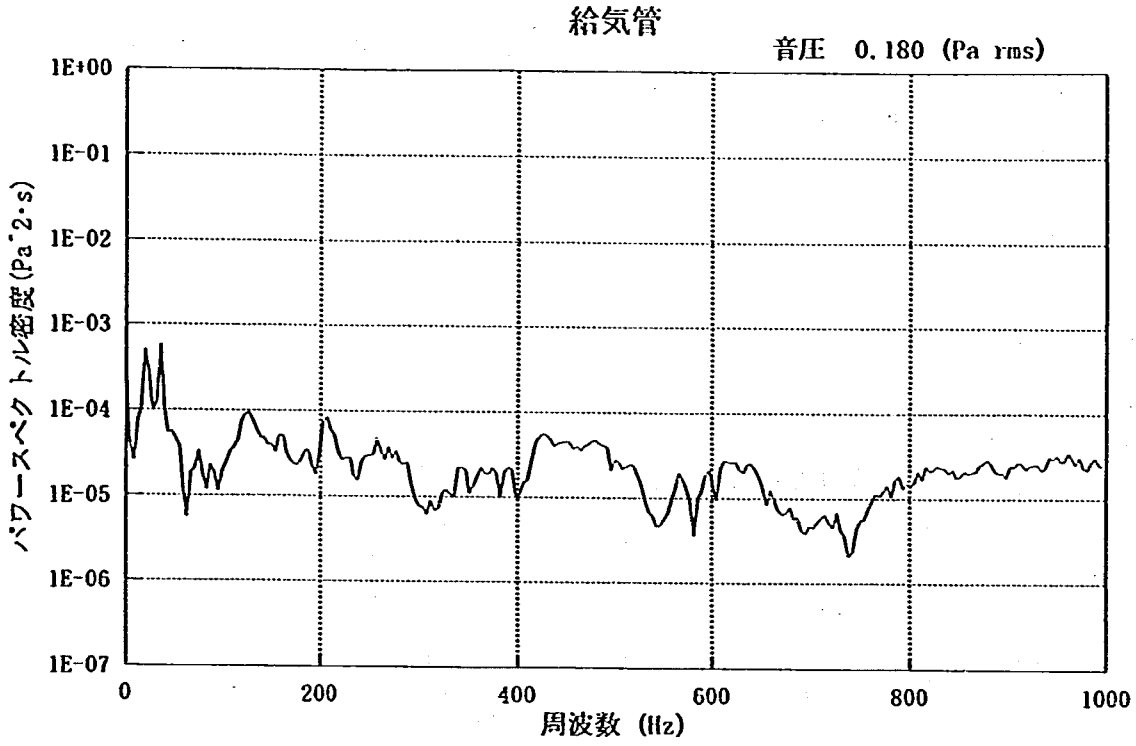
付図－6.135　圧力のパワースペクトル密度

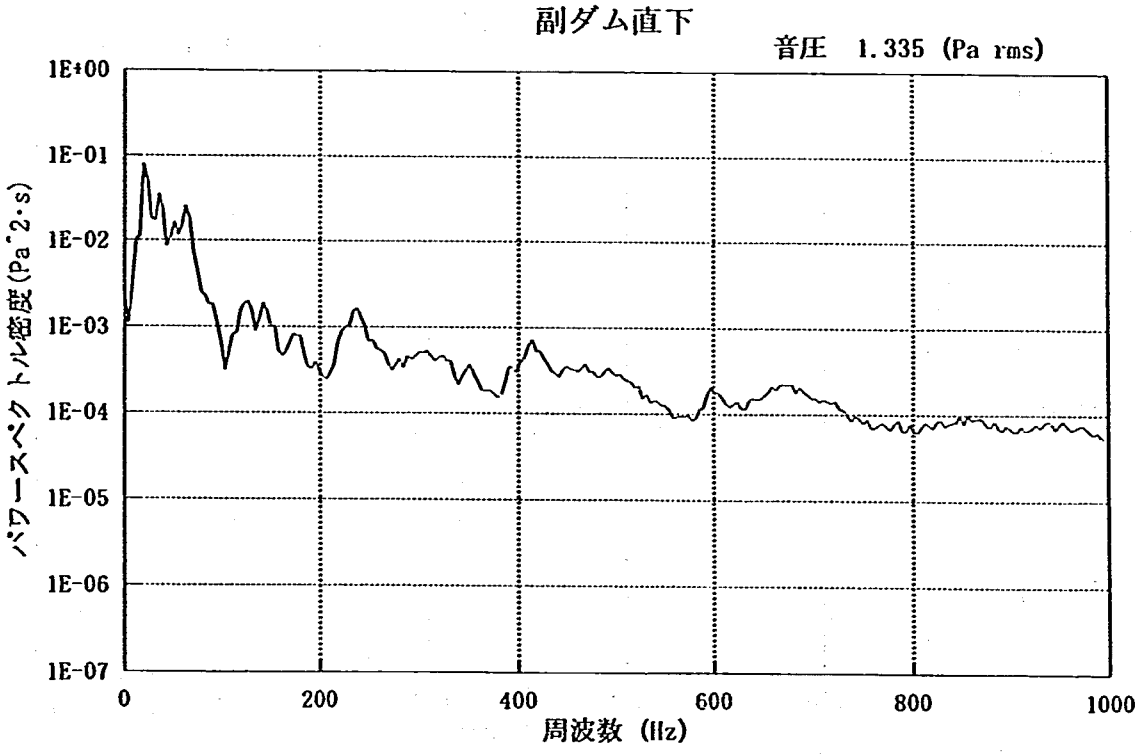




No.2-7-e
1/1模型 副ダム原形状
D=97cm, h1=6cm, Z=3.0m
Q=54.55L/s
暗騒音補正後

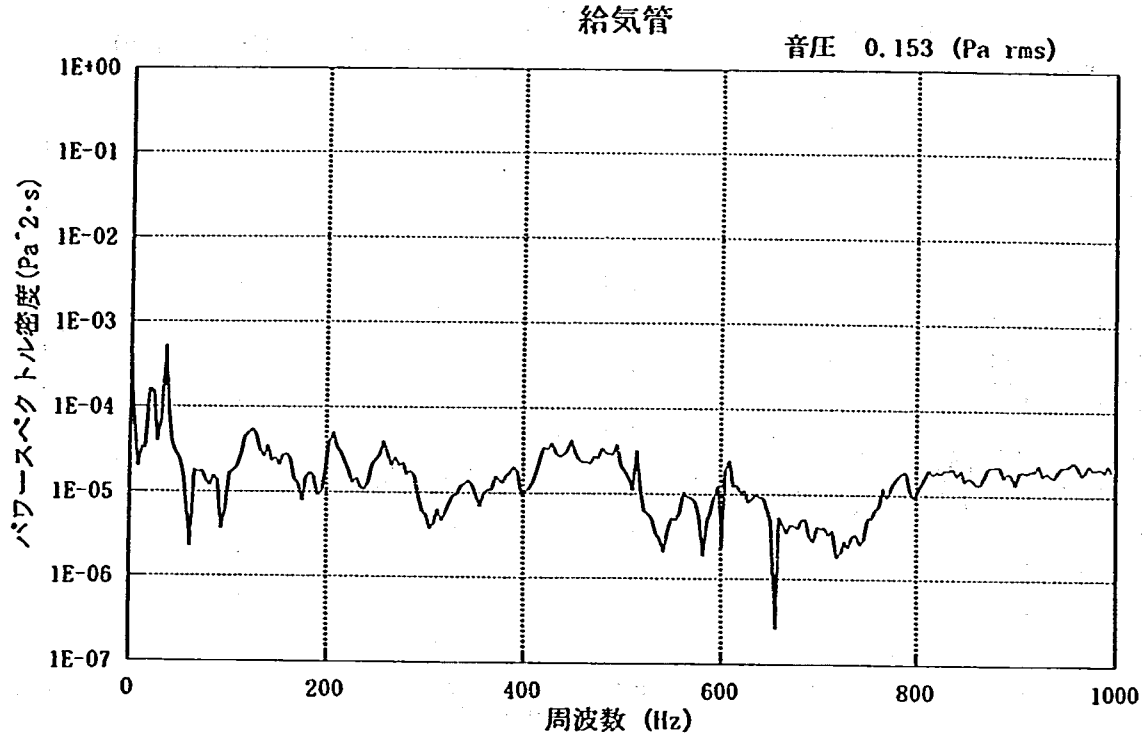
付図－6.136　圧力のパワースペクトル密度

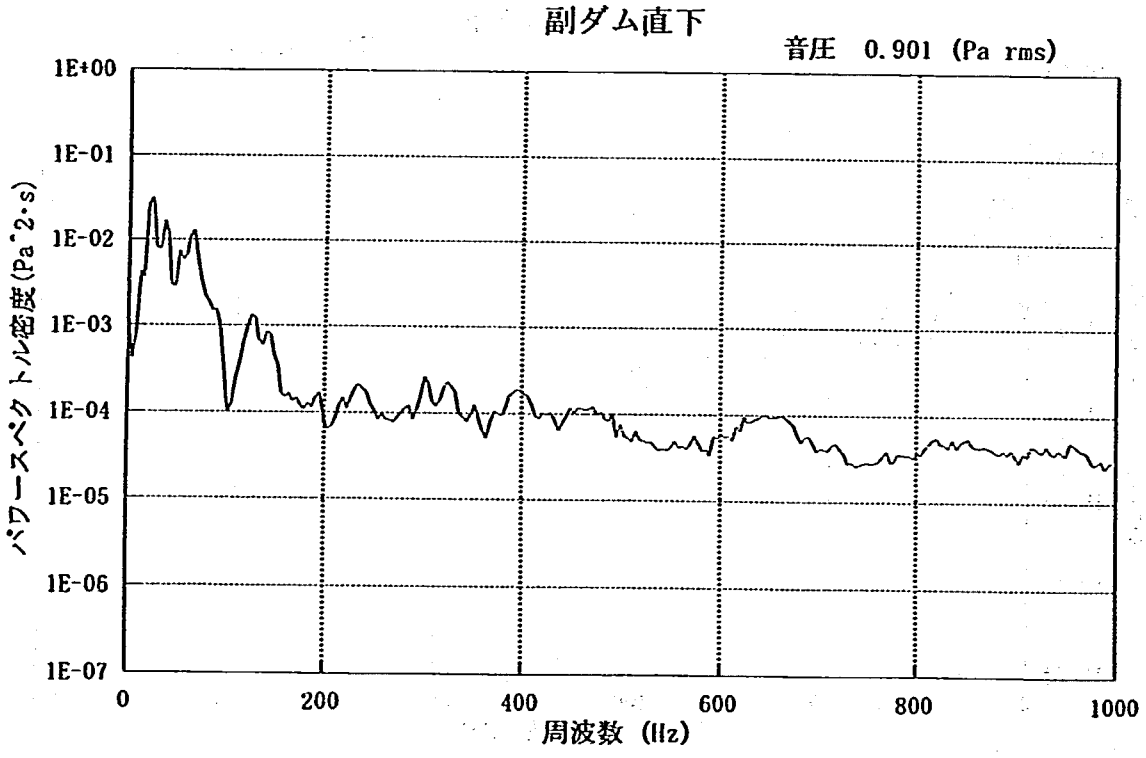




No.2-8-e
1/1模型 副ダム原形状
D=97cm, h1=6cm, Z=2.5m
Q=45.06L/s
暗騒音補正後

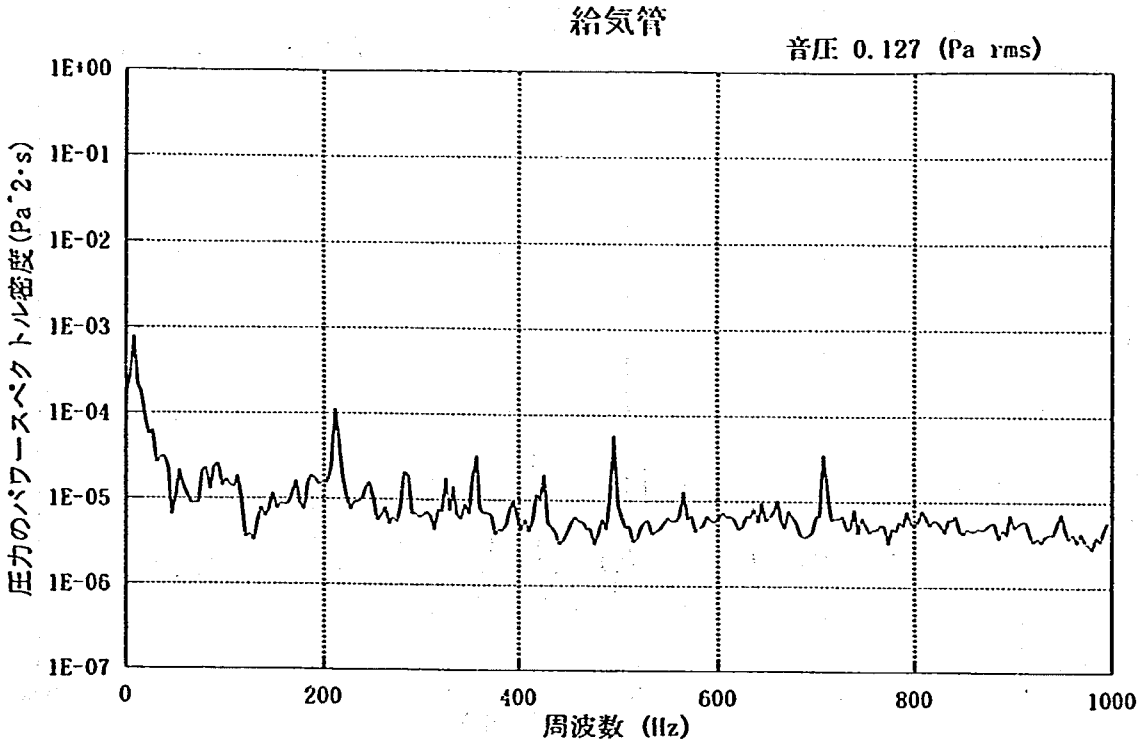
付図－6.137　圧力のパワースペクトル密度

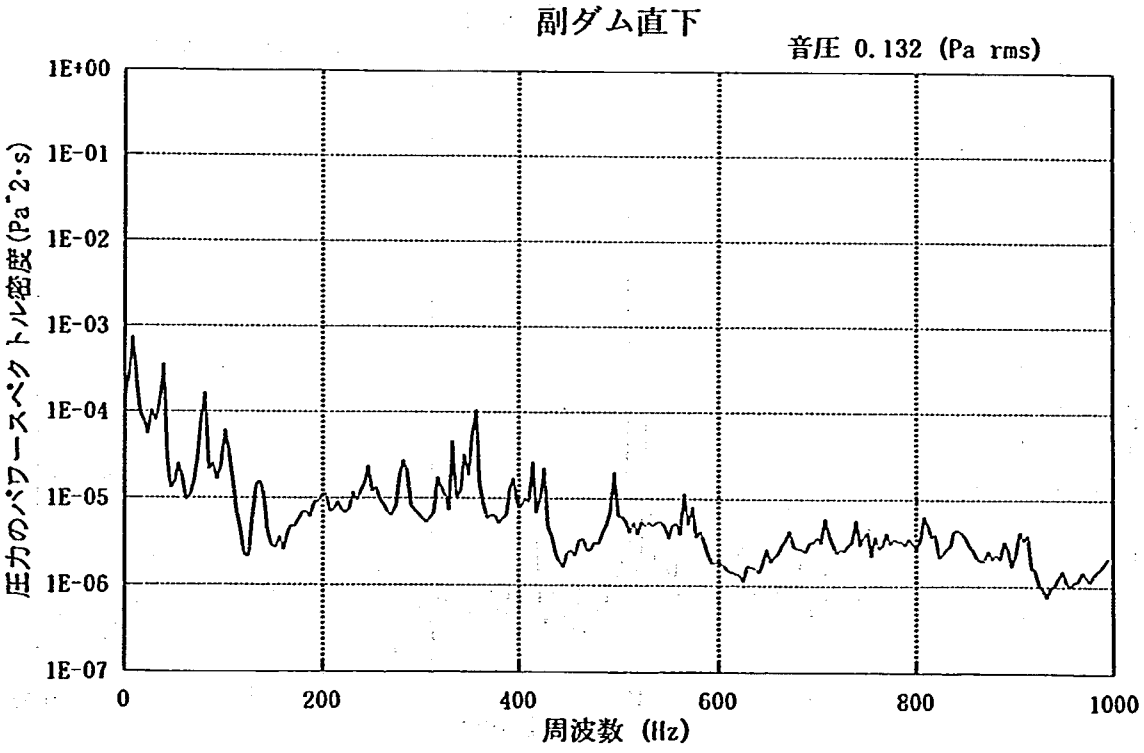




No.2-9-e
1/1模型 副ダム原形状
D=97cm, h1=6cm, Z=2.0m
Q=33.92L/s
暗騒音補正後

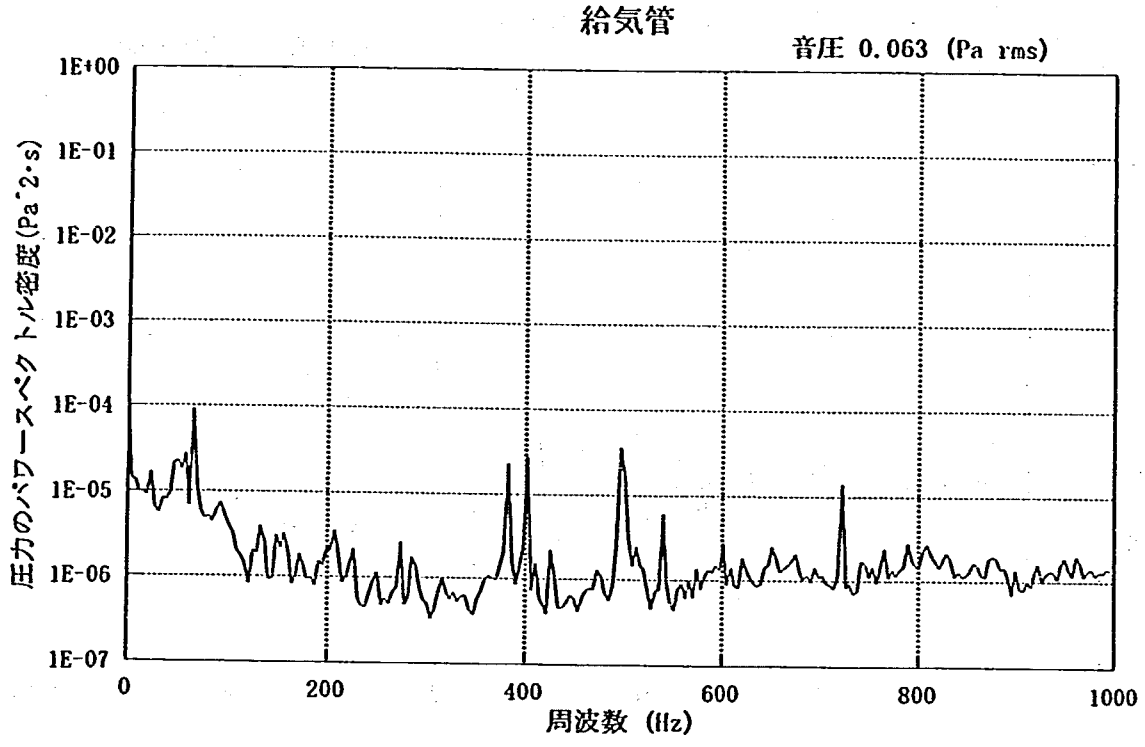
付図－6.138　圧力のパワースペクトル密度

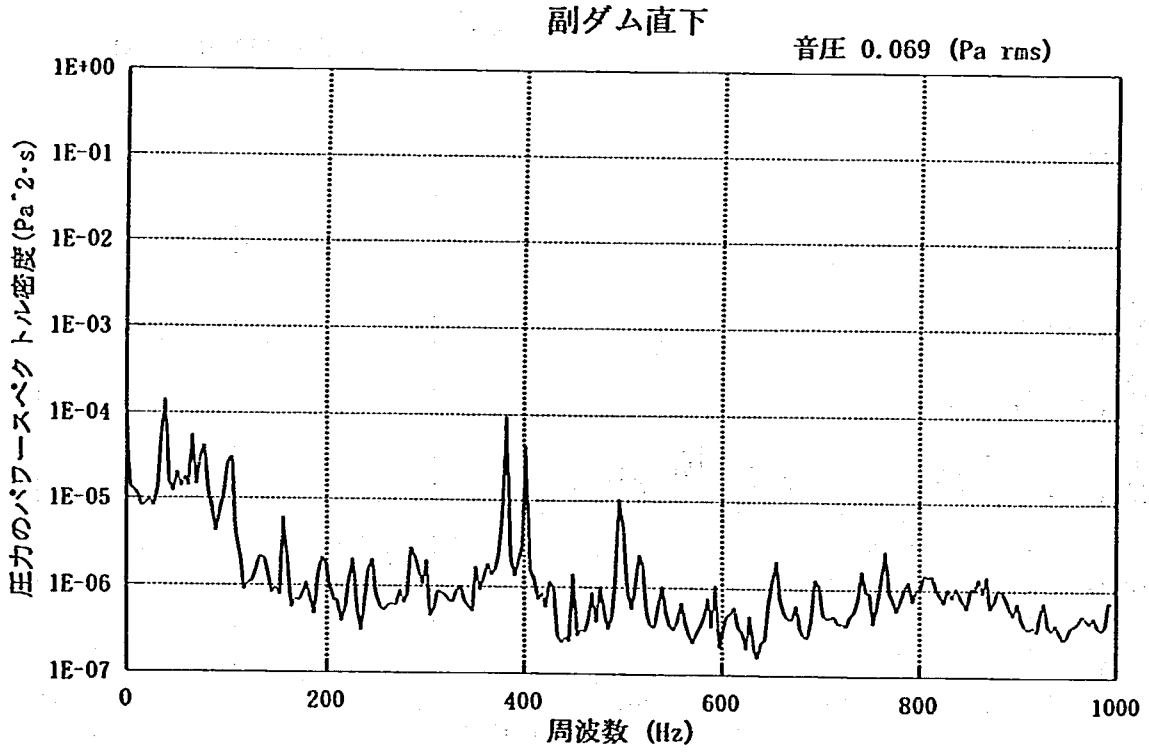




No.1-3
1/2模型　暗騒音
h1=1.5cm, Z=1.0m 相当
Q=6.26 (L/s)

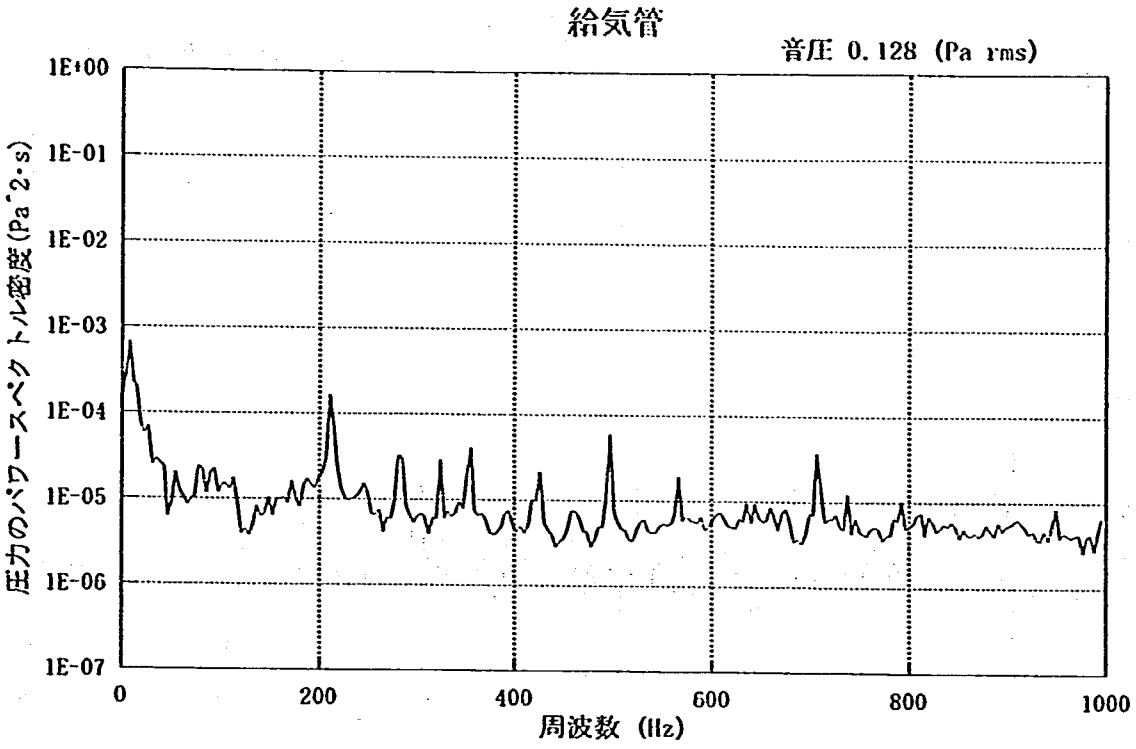
付図－6.139　圧力のパワースペクトル密度

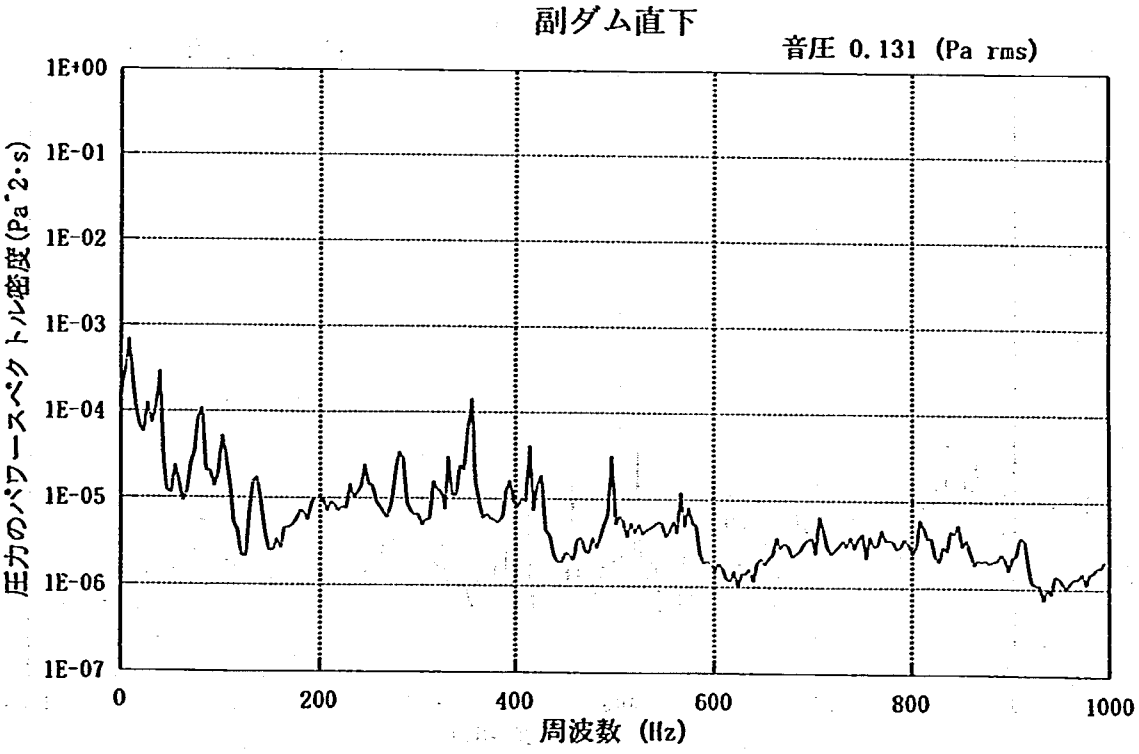




No.1-7
1/2模型　暗騒音
h1=3cm, Z=1.5m 相当
Q=20.02 (L/s)

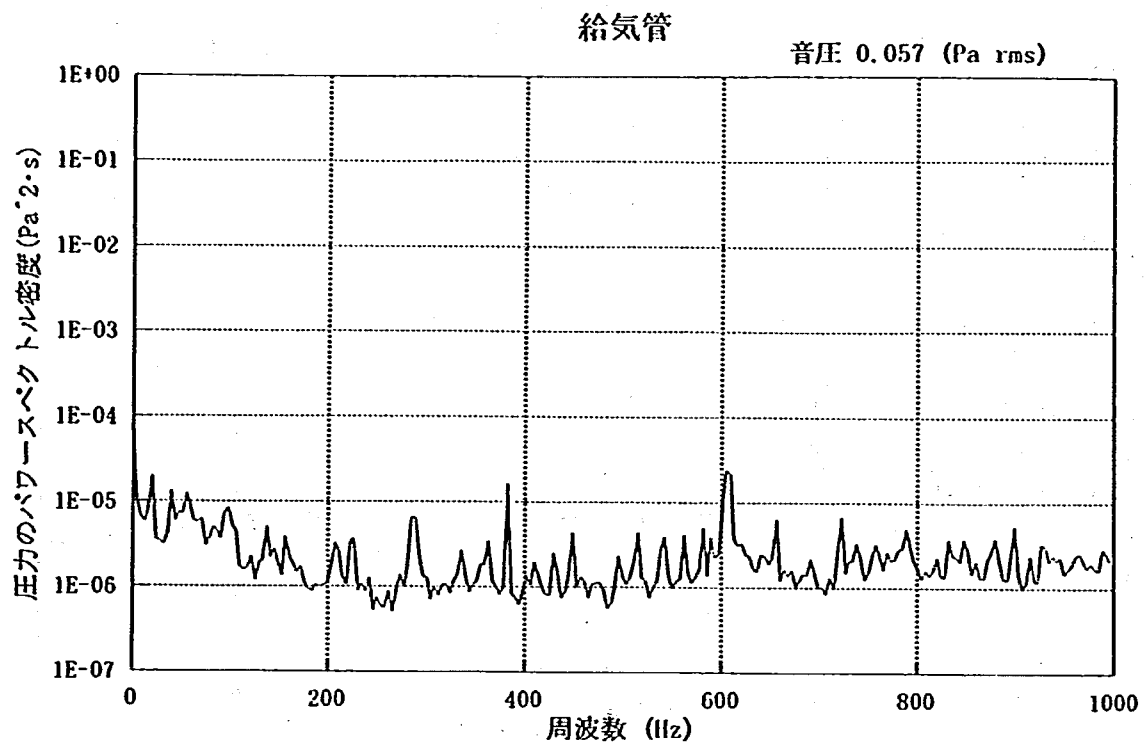
付図−6.140　圧力のパワースペクトル密度

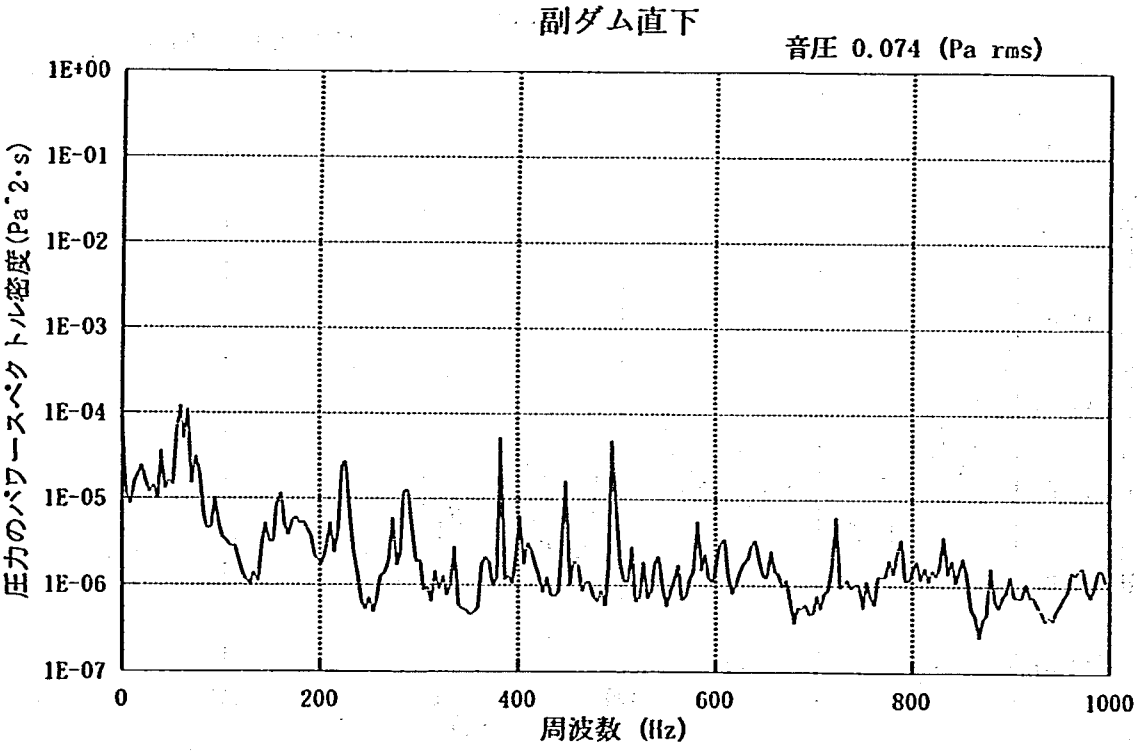




No.1-8
1/2模型　暗騒音
h1=3cm, Z=1.25m　相当
Q=15.54 (L/s)

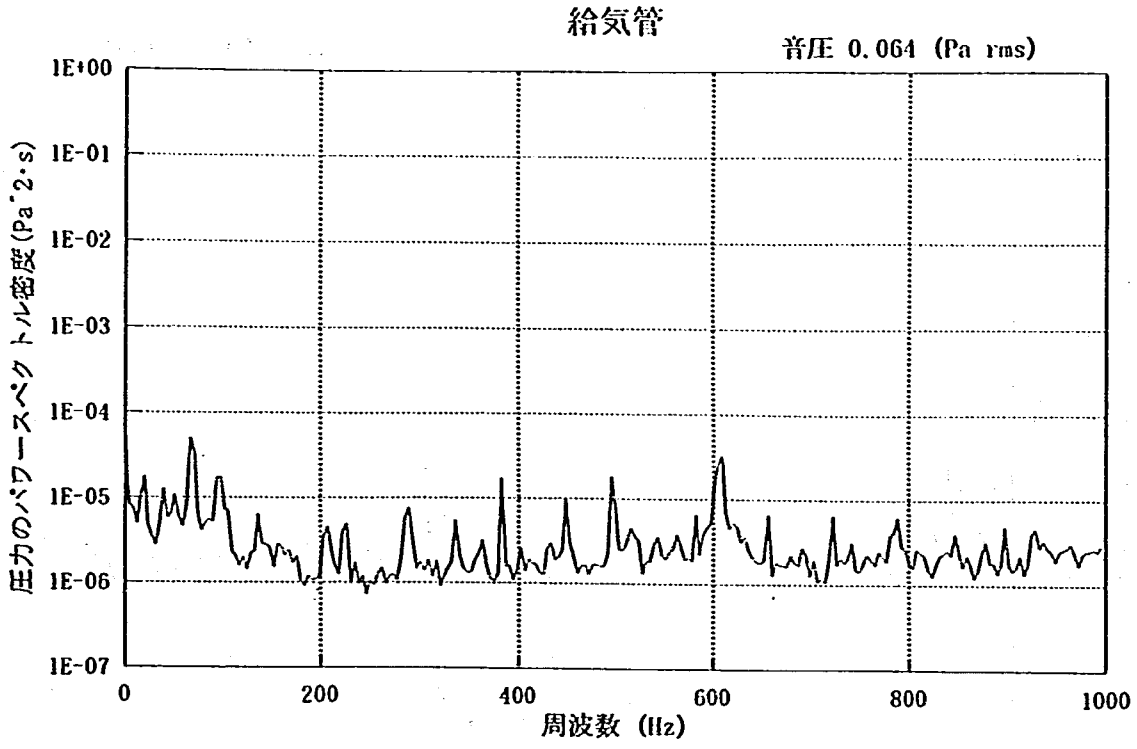
付図−6.141　圧力のパワースペクトル密度

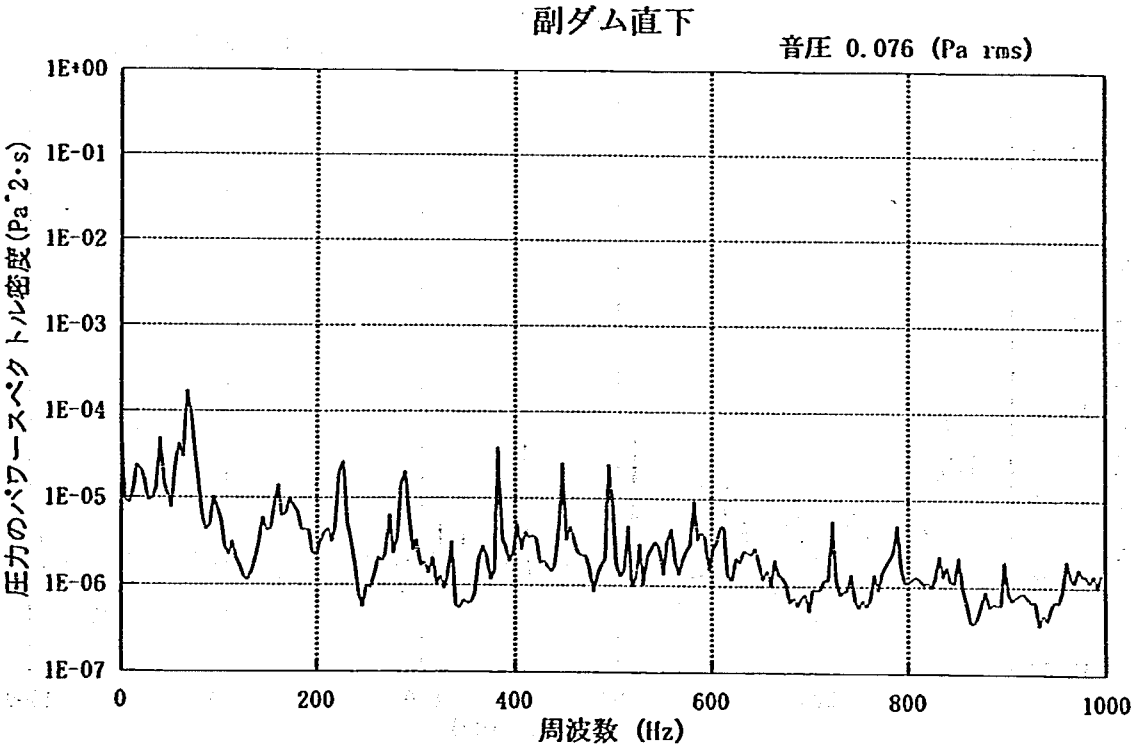




No.2-1
1/1模型　副ダム原形状
h1=3cm, Z=3.0m　相当暗騒音
Q=27.63 (L/s)

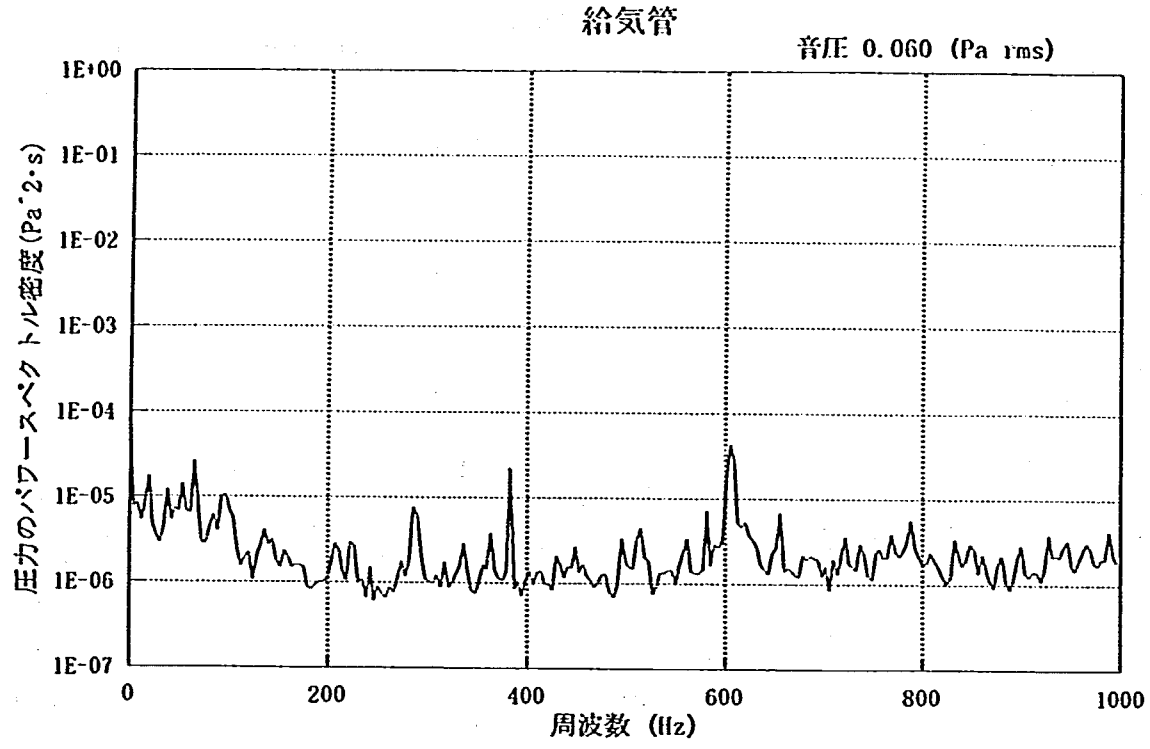
付図－6.142　圧力のパワースペクトル密度

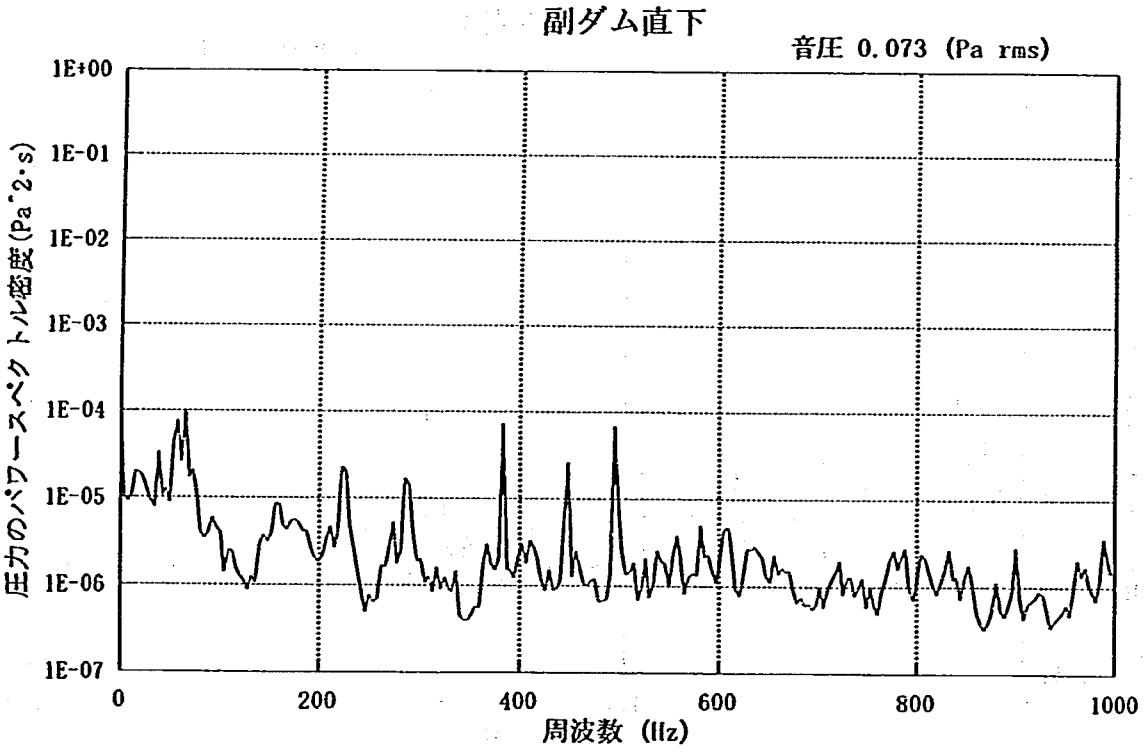




No.2-4
1/1模型　副ダム原形状
h1=4cm, Z=3.0m　相当暗騒音
Q=35.92 (L/s)

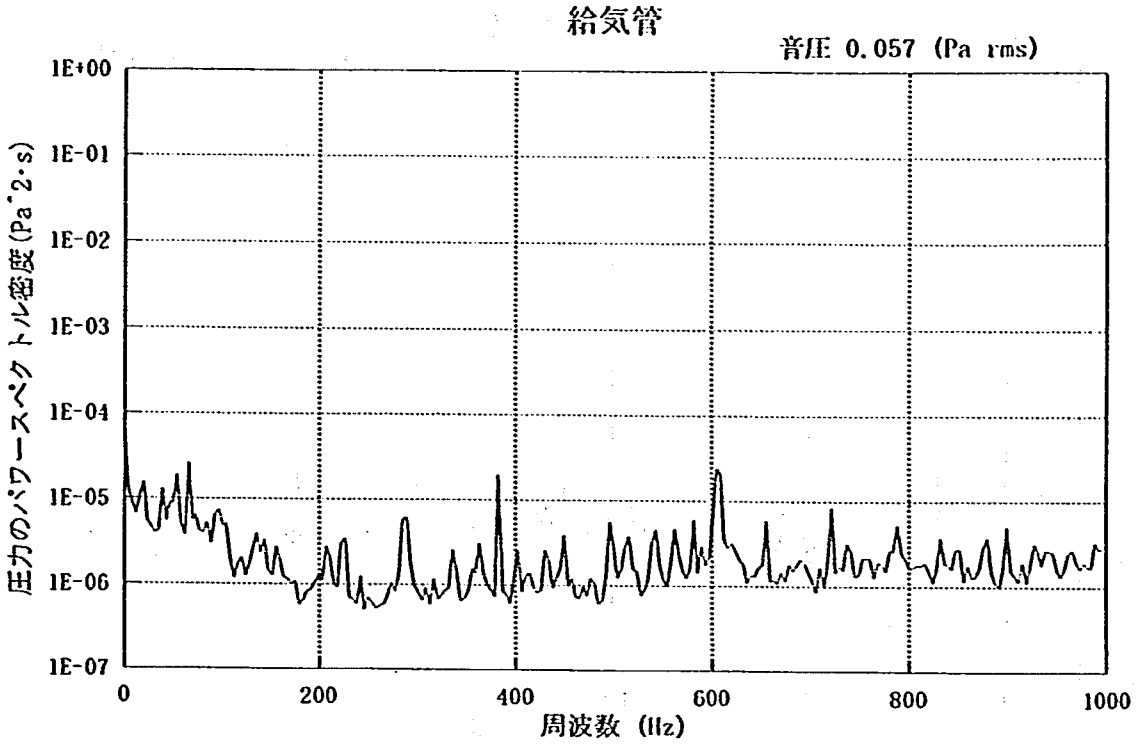
付図－6.143　圧力のパワースペクトル密度

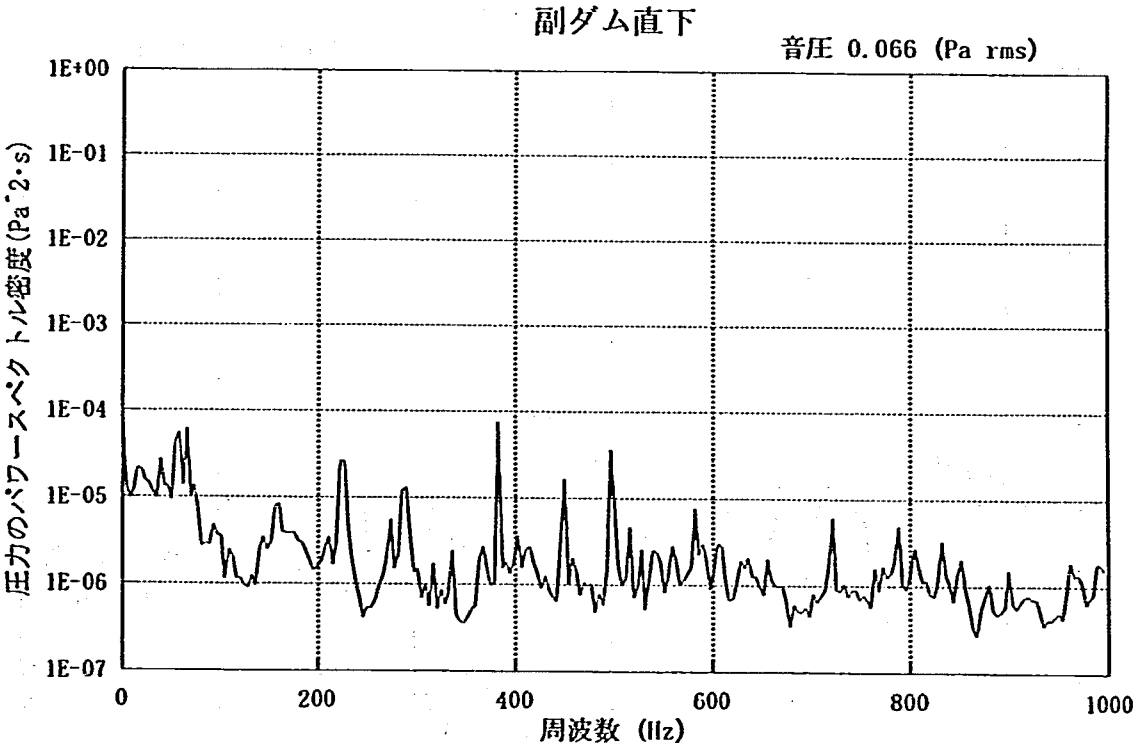




No.2-5
1/1模型　副ダム原形状
h1=4cm, Z=2.5m　相当暗騒音
Q=30.35 (L/s)

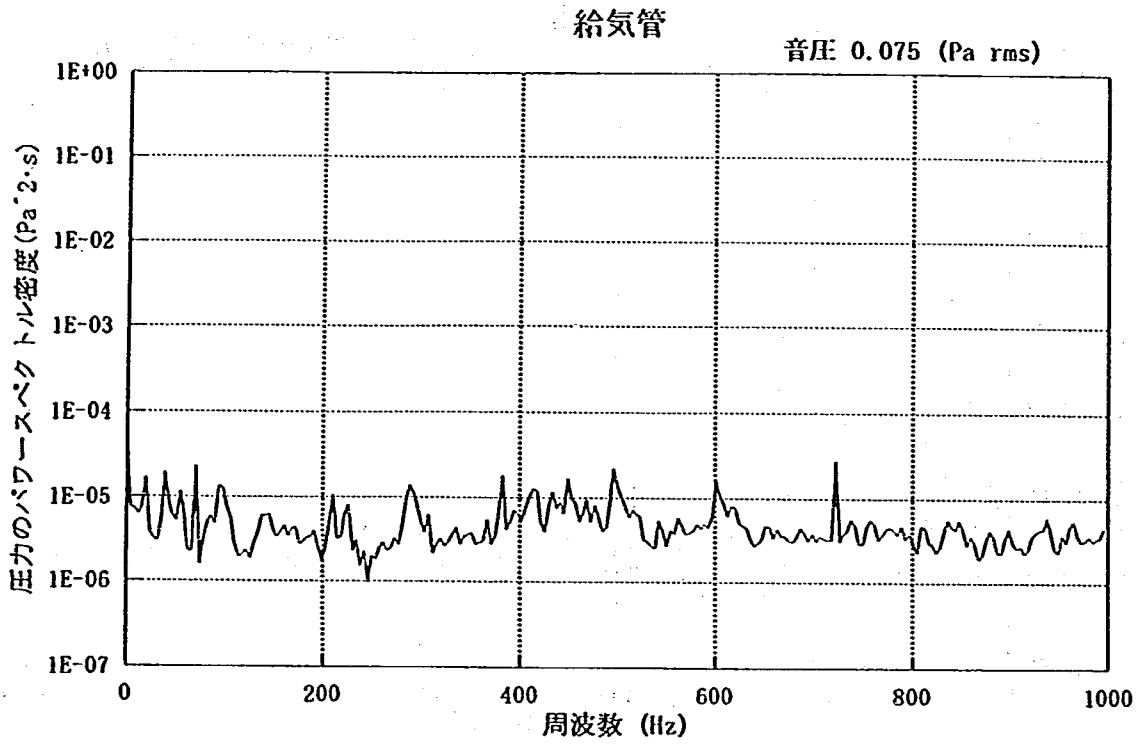
付図－6.144　圧力のパワースペクトル密度

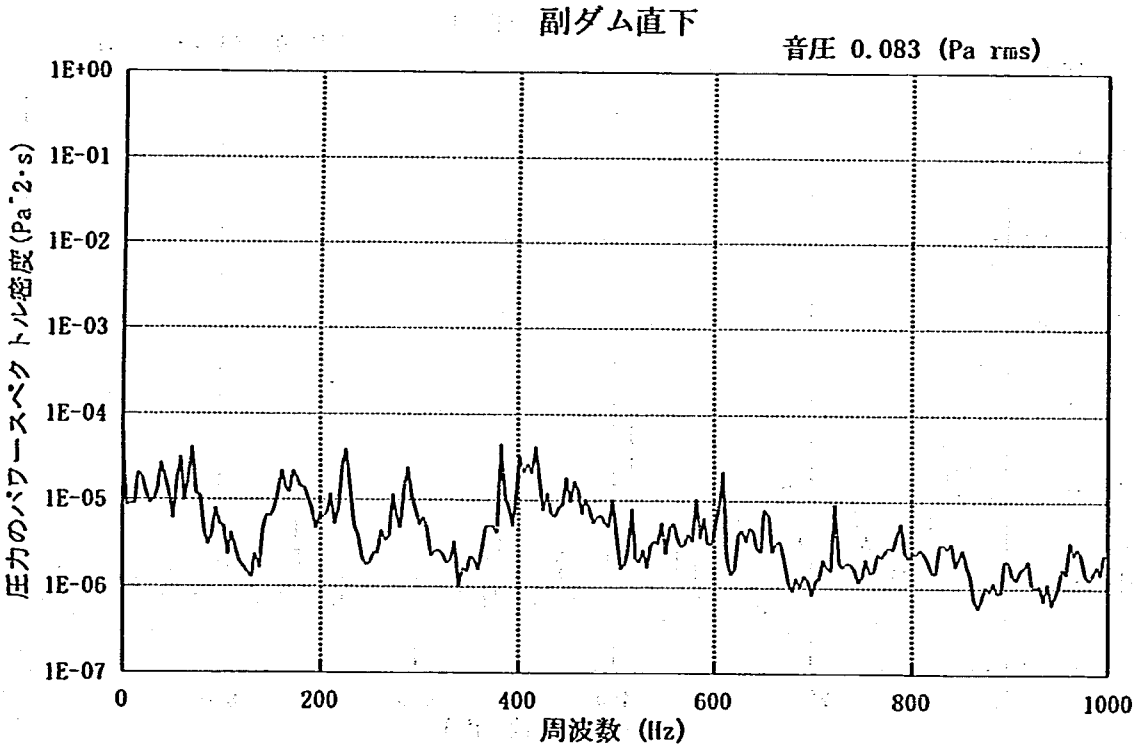




No.2-6
1/1模型　副ダム原形状
h1=4cm, Z=2.0m　相当暗騒音
Q=23.68 (L/s)

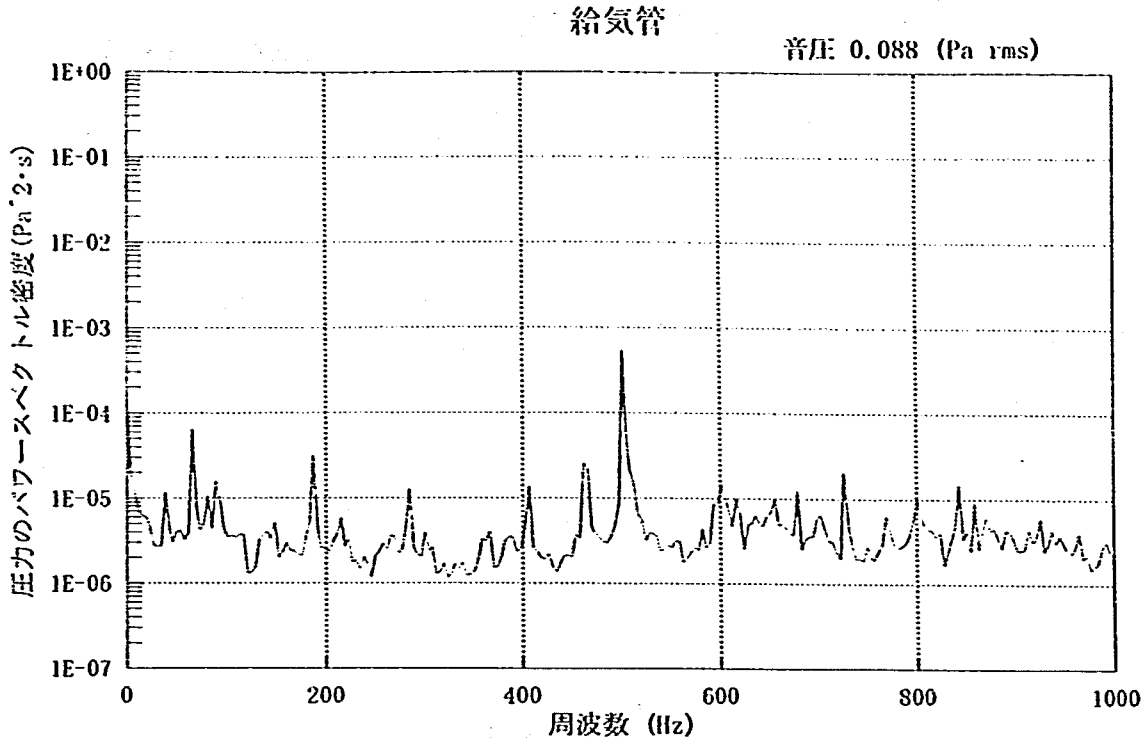
付図−6.145　圧力のパワースペクトル密度

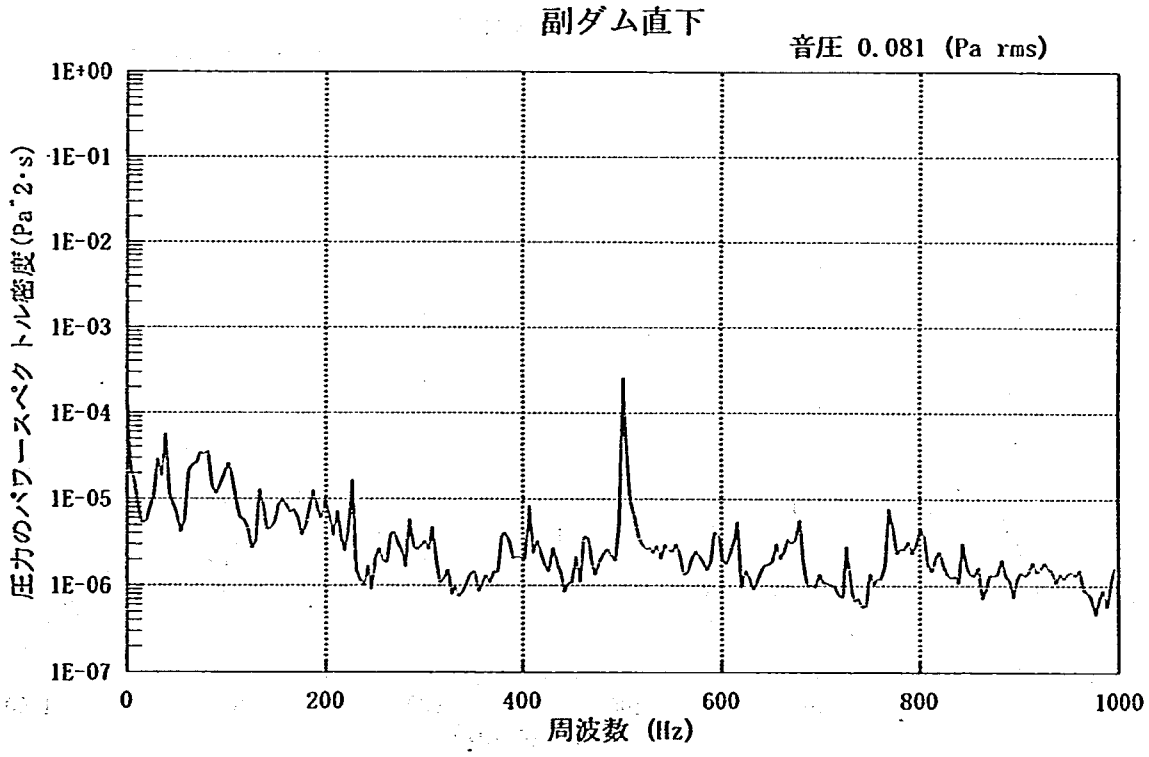




No.2-7
1/1模型　副ダム原形状
h1=6cm, Z=3.0m　相当暗騒音
Q=57.52 (L/s)

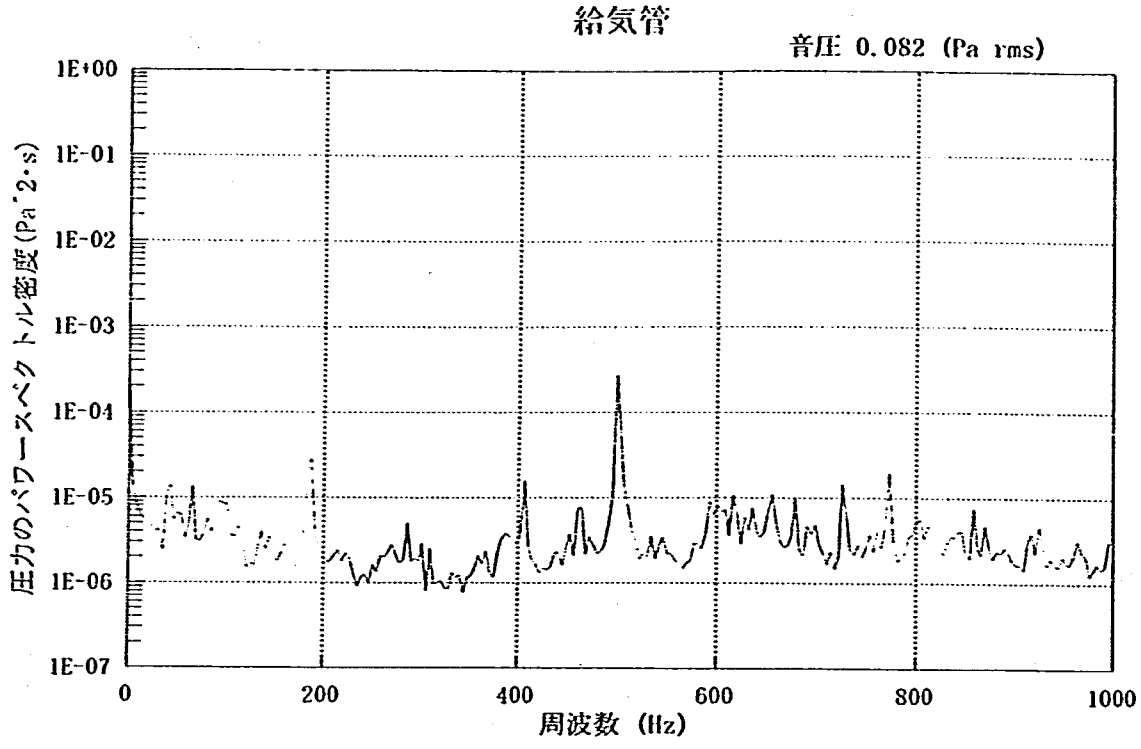
付図－6.146　圧力のパワースペクトル密度

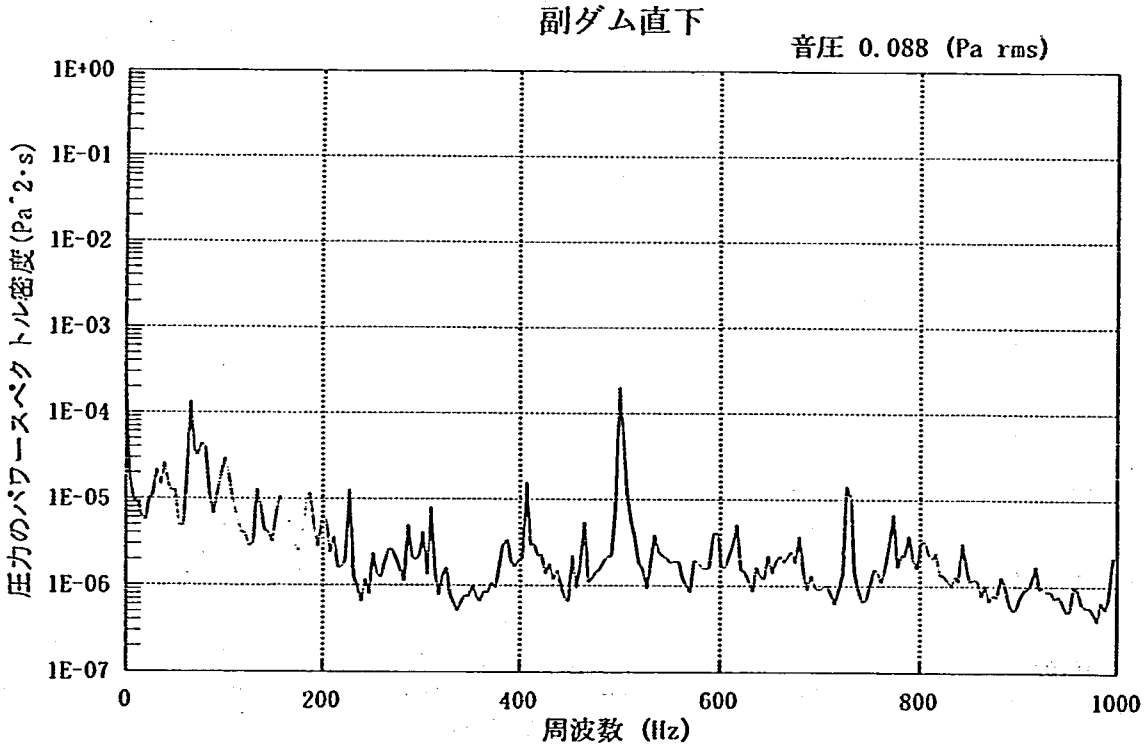




No.3-1
1.5倍模型 暗騒音
G=4.2(h1=4.5cm), Z=4.5m 相当
Q=51.1 (L/s)

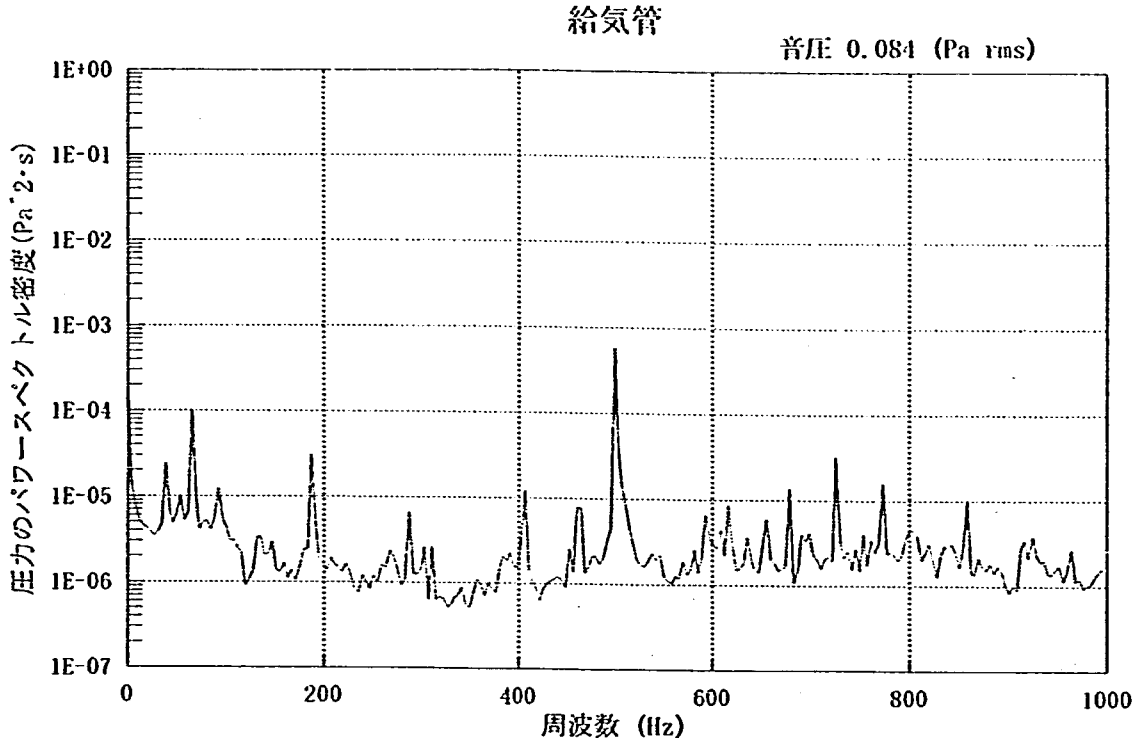
付図－6.147 圧力のパワースペクトル密度分布

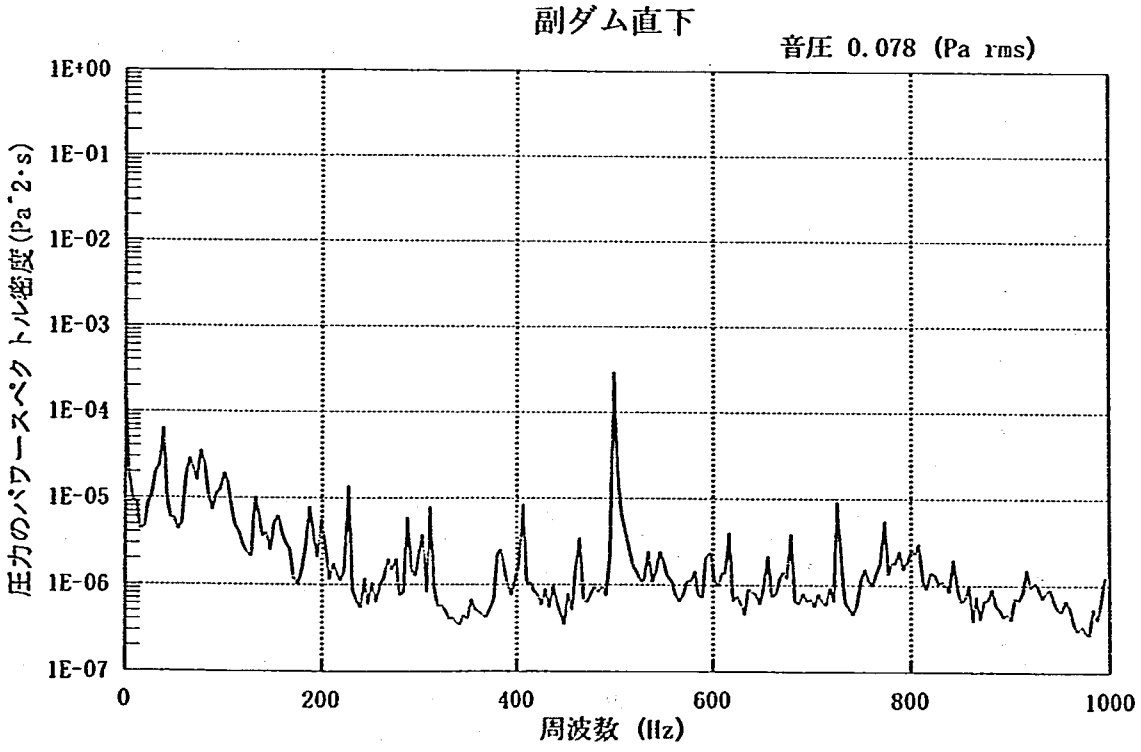




No.3-2
1.5倍模型 暗騒音
G=4.1cm(h1=4.5cm), Z=3.75m 相当
Q=43.3 (L/s)

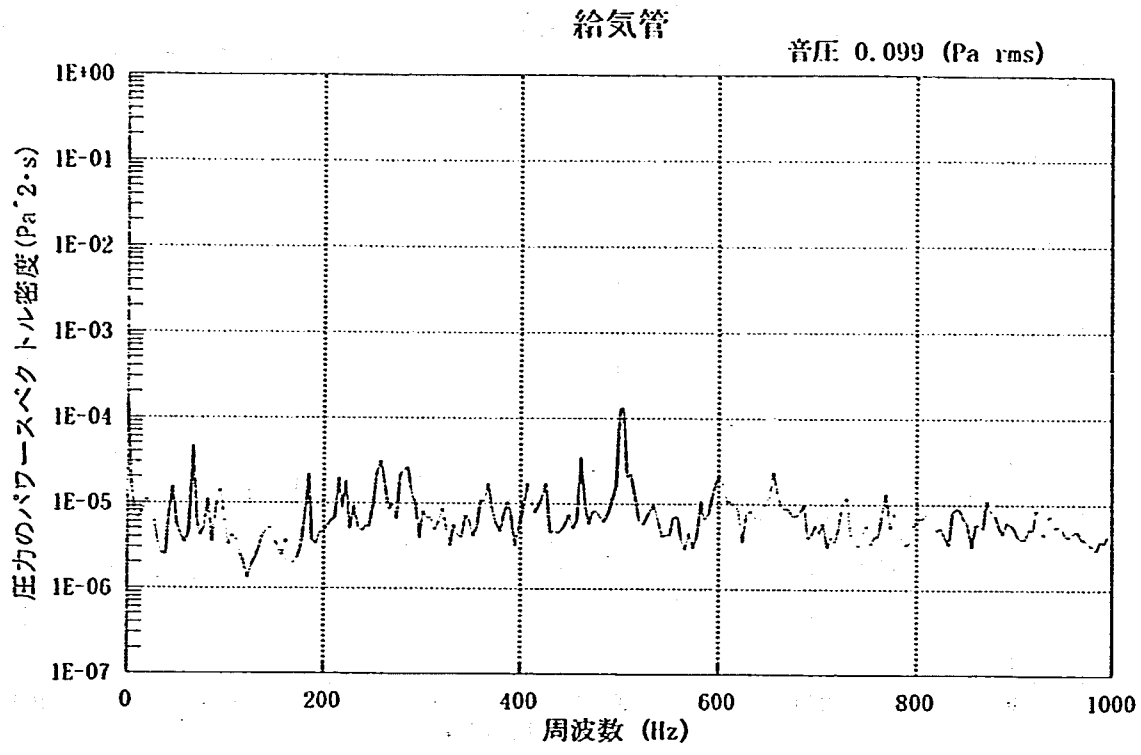
付図−6.148 圧力のパワースペクトル密度分布

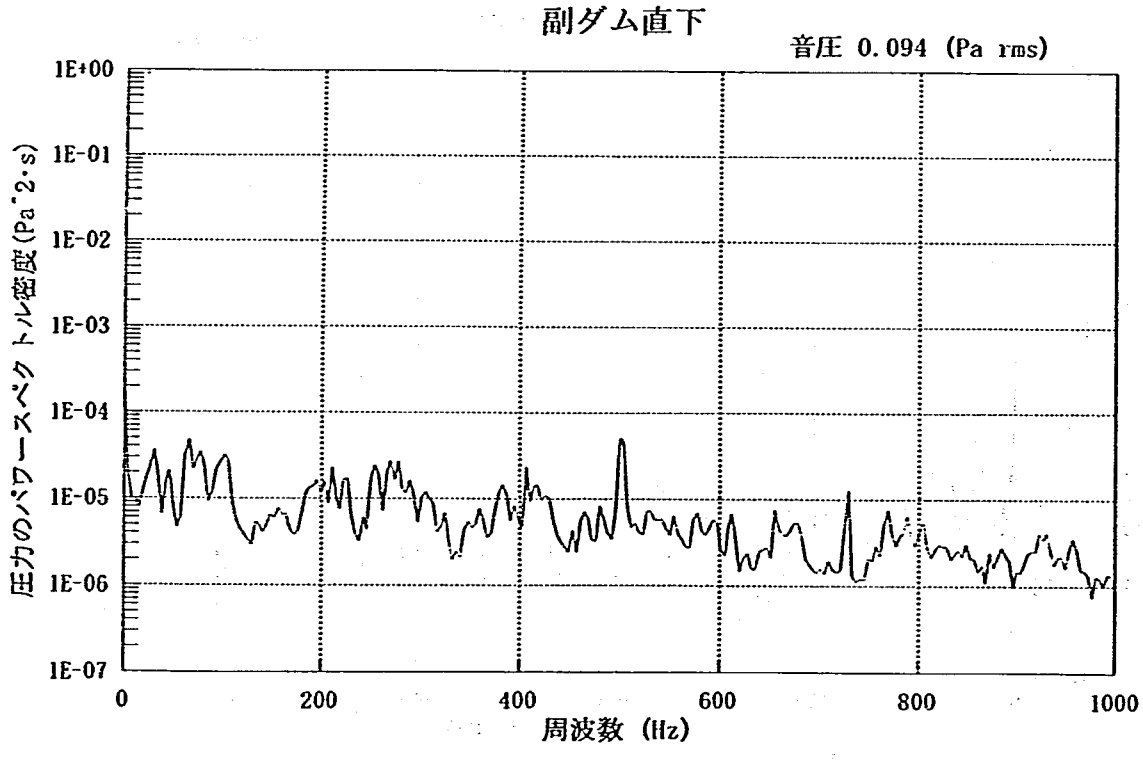




No.3-3
1.5倍模型 暗騒音
G=3.9cm(h1=4.5cm), Z=3.0m 相当
Q=33.1 (L/s)

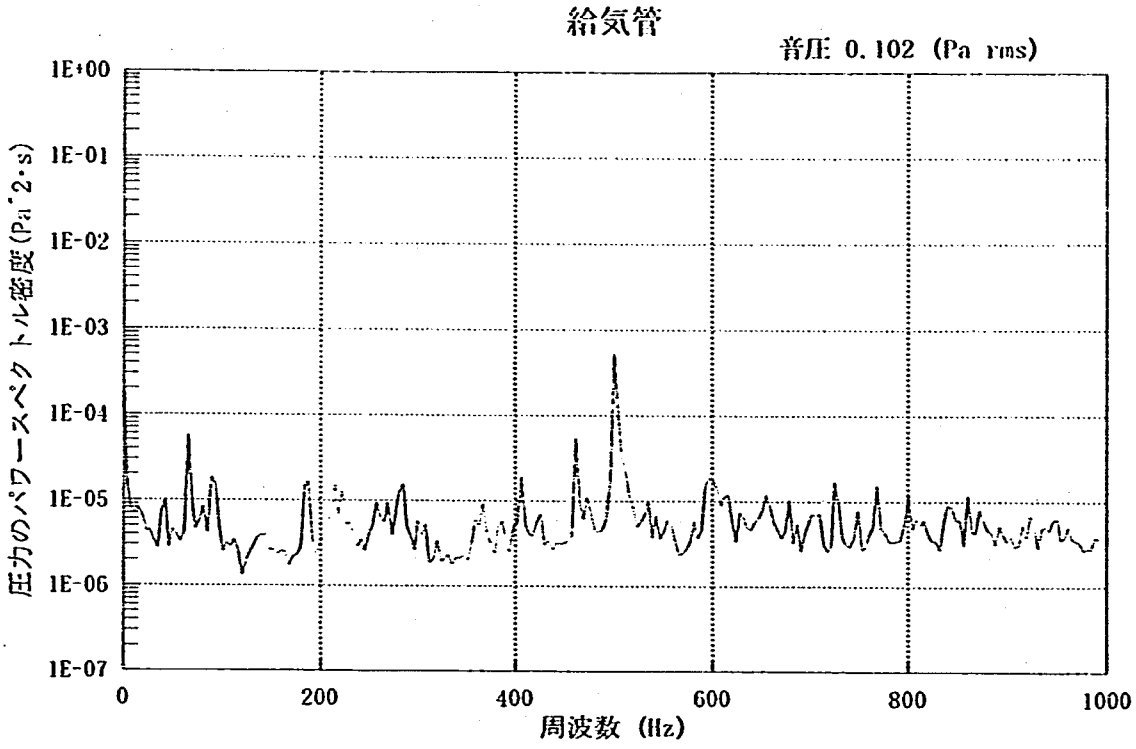
付図－6.149 圧力のパワースペクトル密度分布

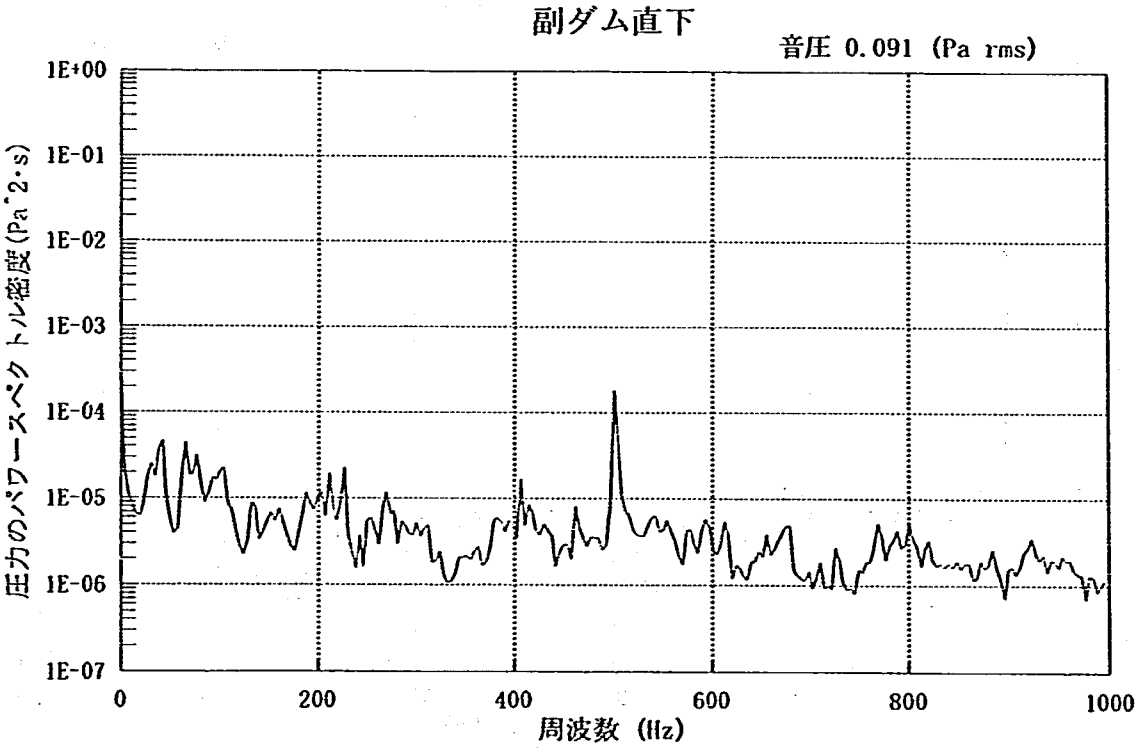




No.3-4
1.5倍模型 暗騒音
G=5.9cm(h1=6cm), Z=4.5m 相当
Q=70.0 (L/s)

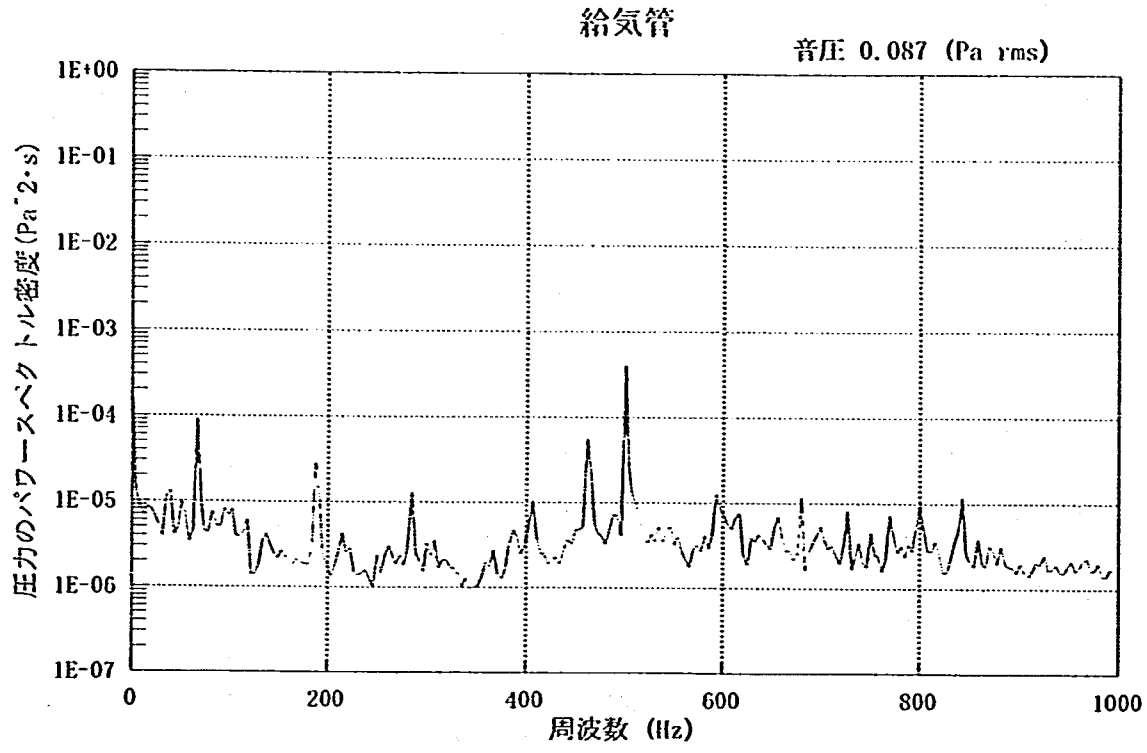
付図−6.150 圧力のパワースペクトル密度分布

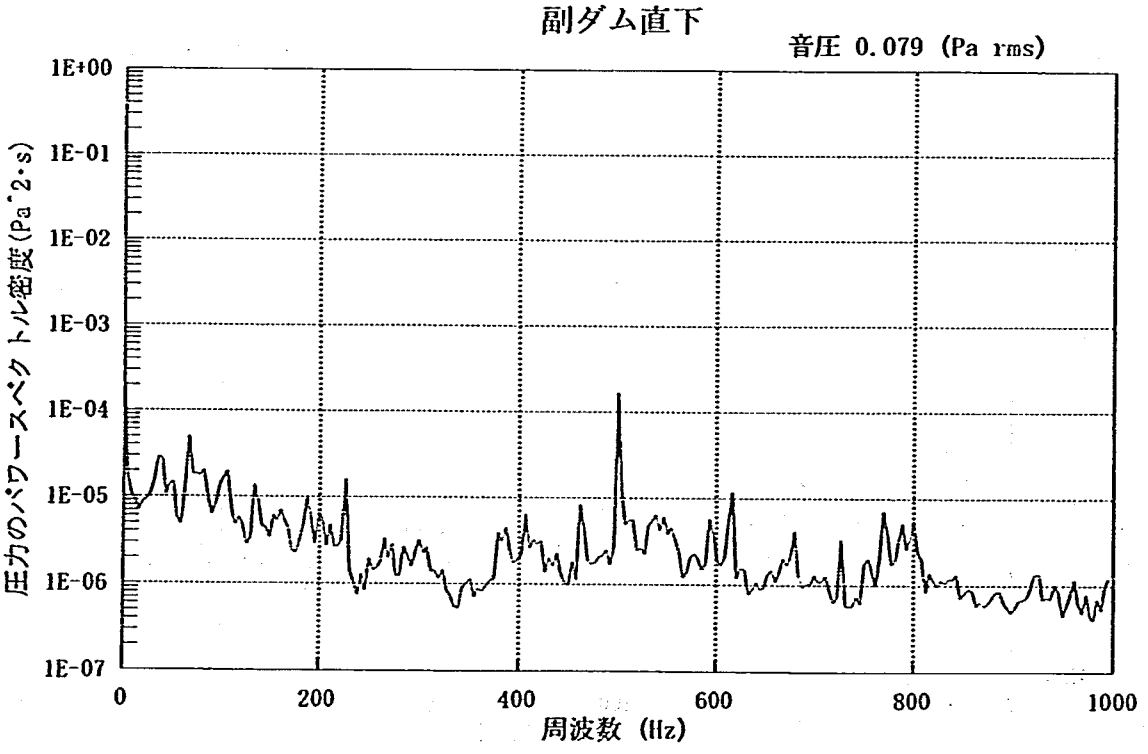




No.3-5
1.5倍模型 暗騒音
G=5.7cm(h1=6cm), Z=3.75m 相当
Q=57.3 (L/s)

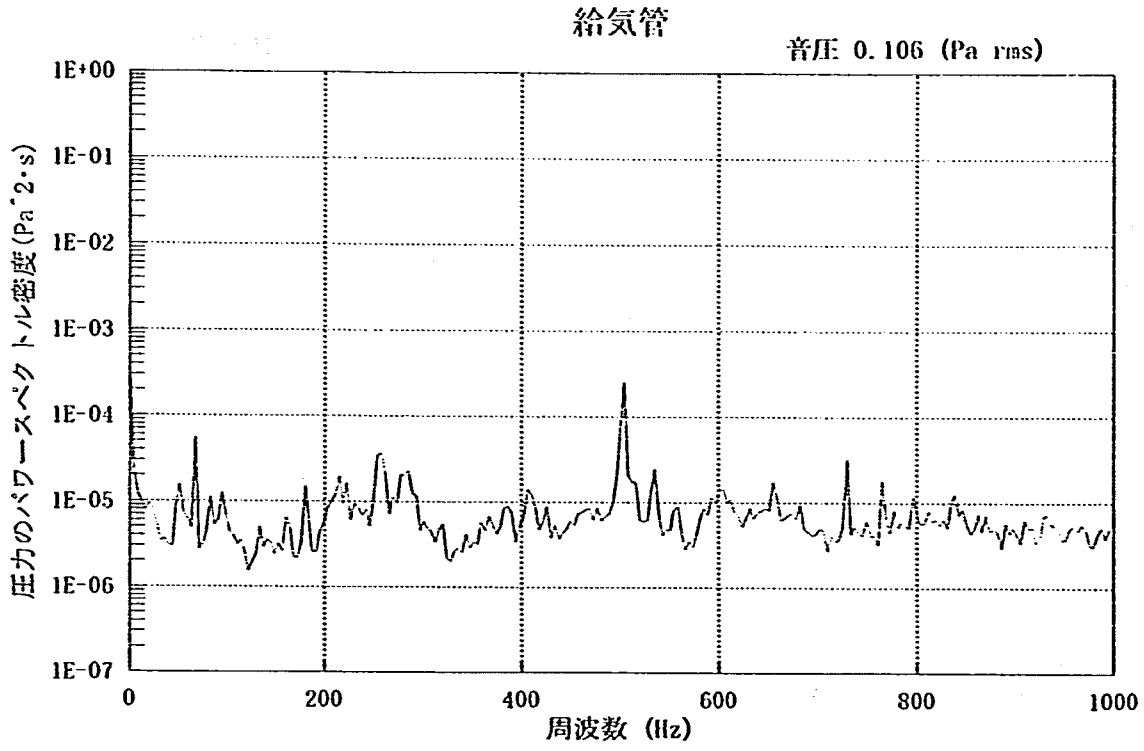
付図−6.151 圧力のパワースペクトル密度分布

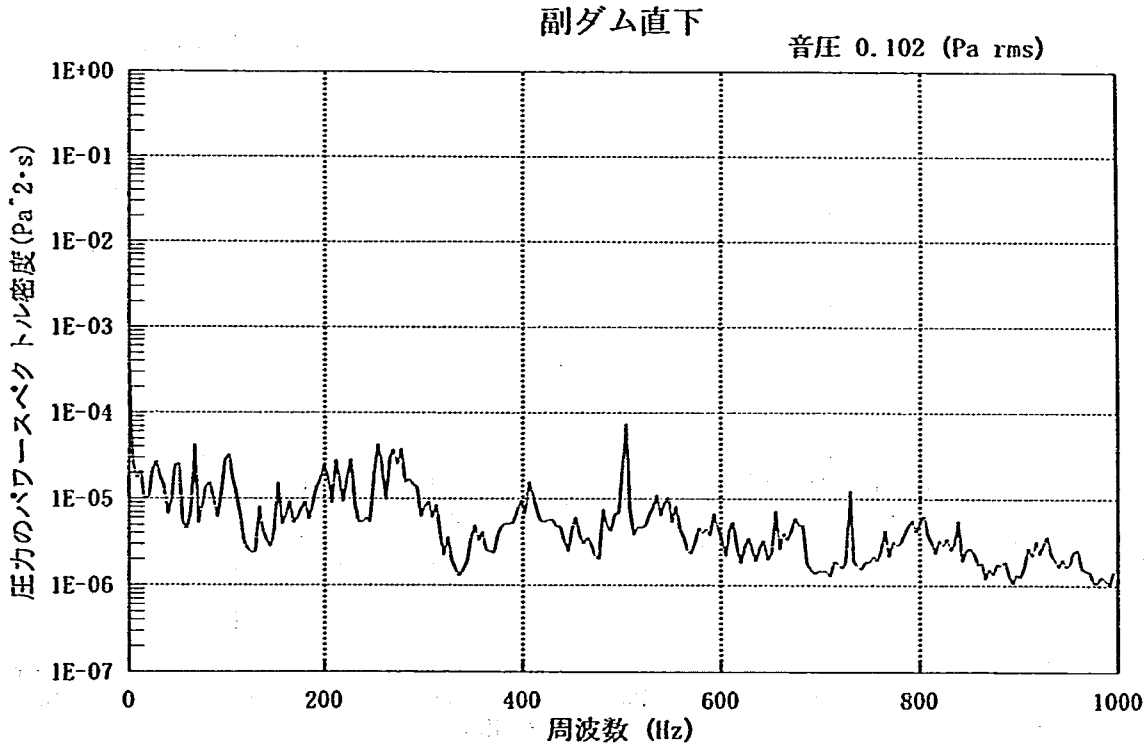




No.3-6
1.5倍模型 暗騒音
G=5.3cm(h1=6cm), Z=3.0m 相当
Q=43.3 (L/s)

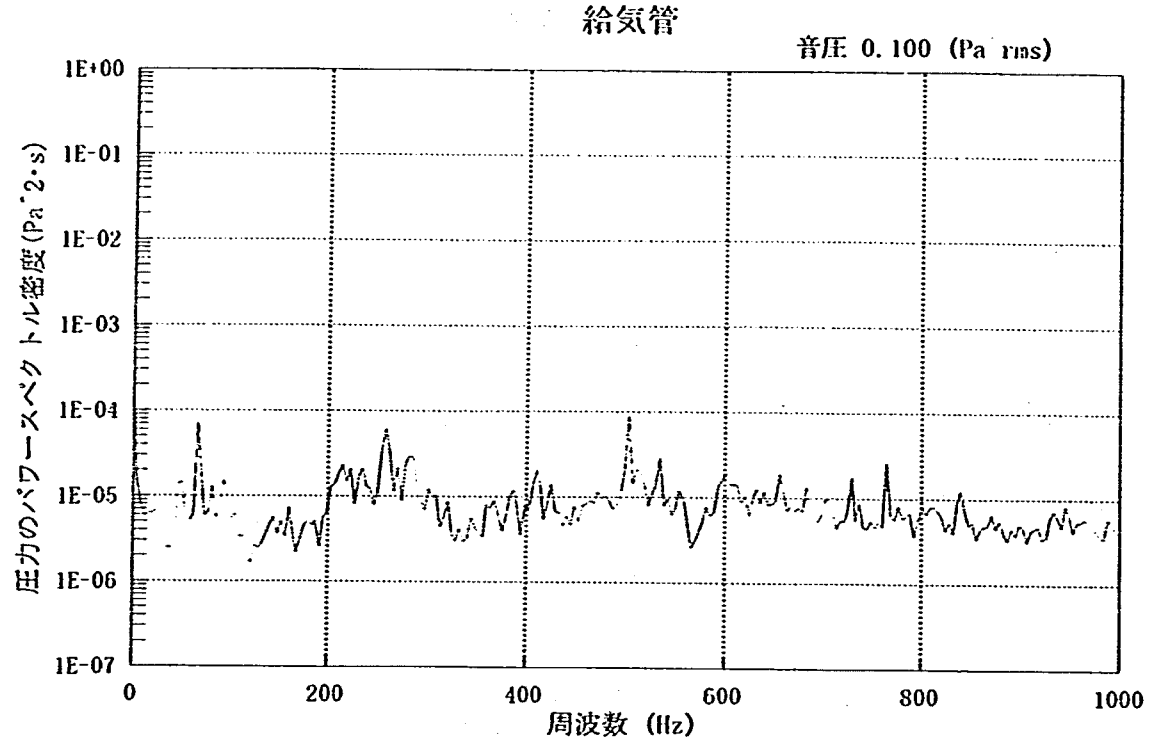
付図－6.152 圧力のパワースペクトル密度分布

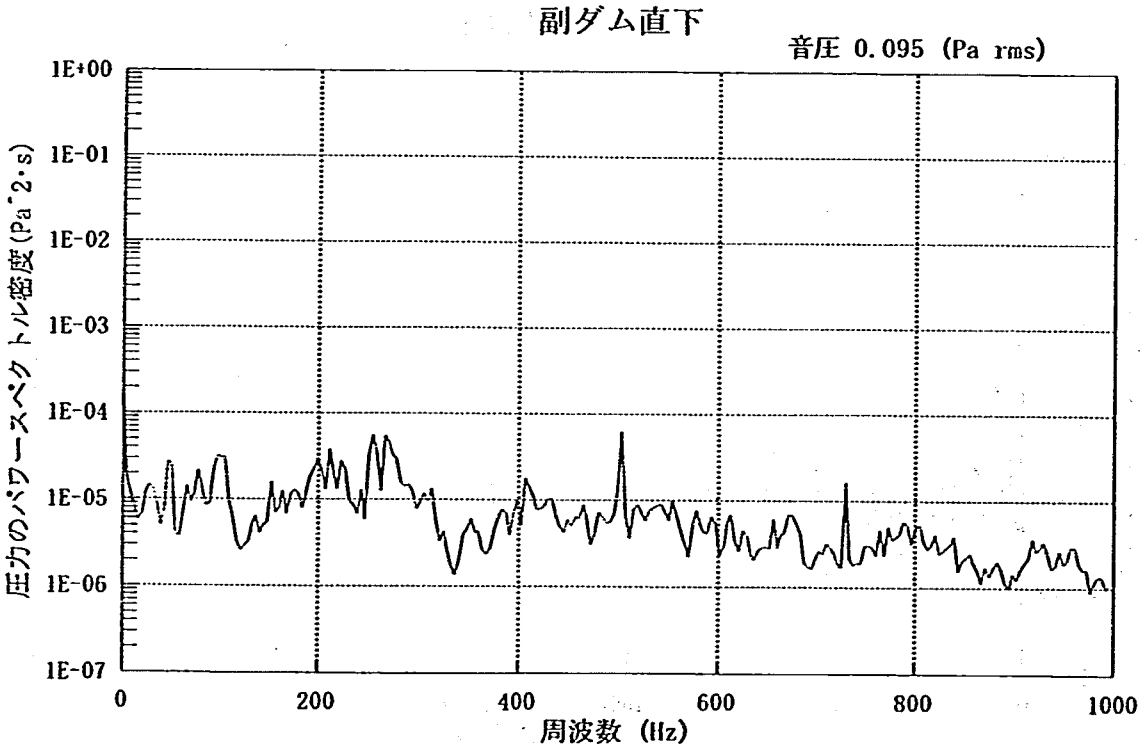




No.3-7
1.5倍模型 暗騒音
G=8.6cm(h1=9cm), Z=4.5m 相当
Q=100.5(L/s)

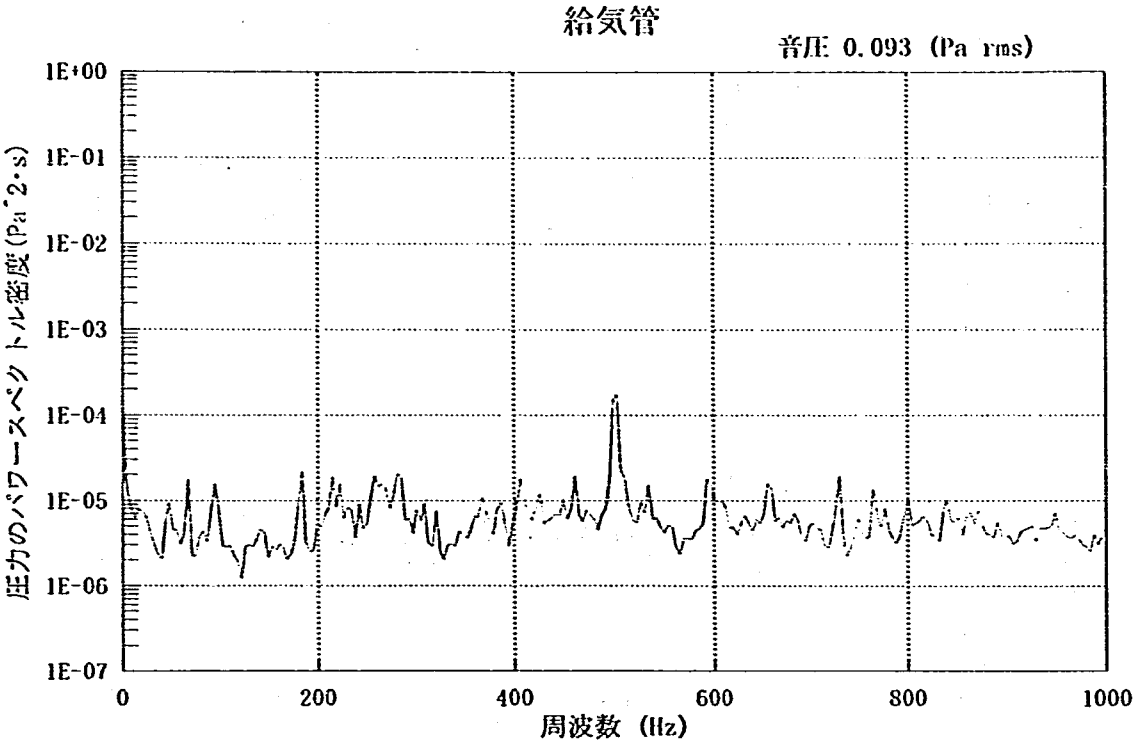
付図−6.153 圧力のパワースペクトル密度分布

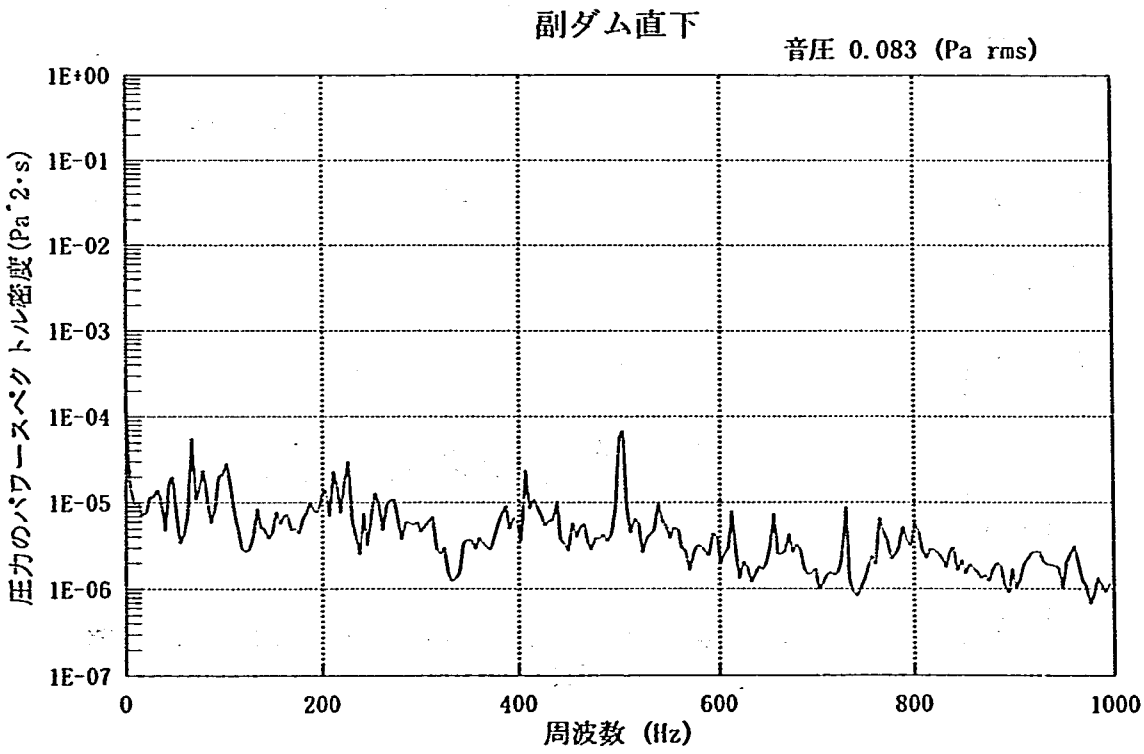




No.3-8
1.5倍模型 暗騒音
G=8.3cm(h1=9cm), Z=3.75m 相当
Q=81.7(L/s)

付図−6.154 圧力のパワースペクトル密度分布



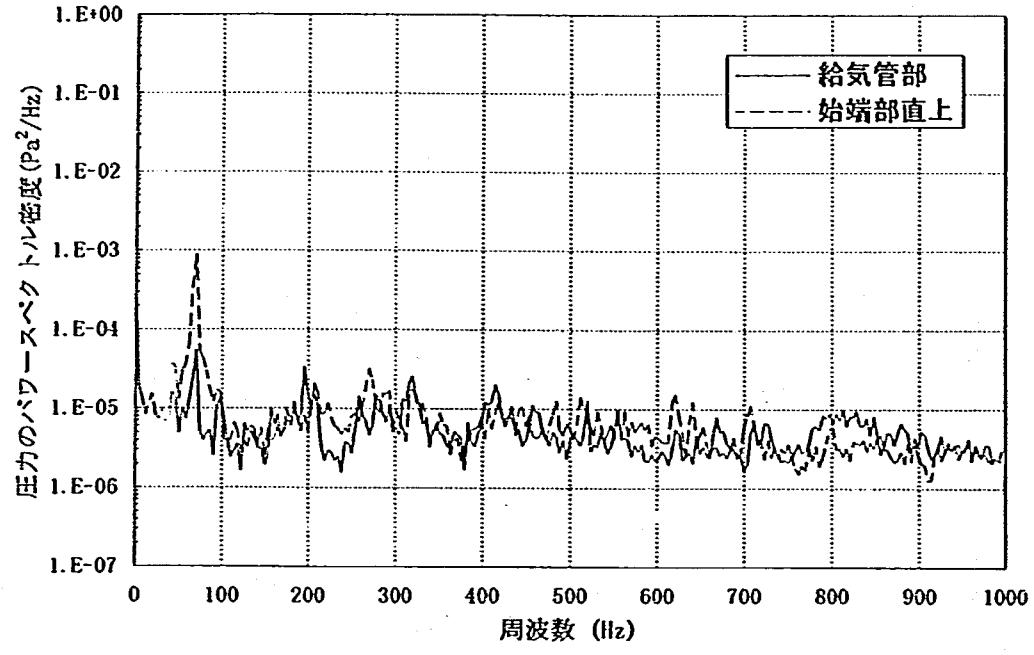


No.3-9
1.5倍模型 暗騒音
G=7.9cm(h1=9cm), Z=3.0m 相当
Q=61.9(L/s)

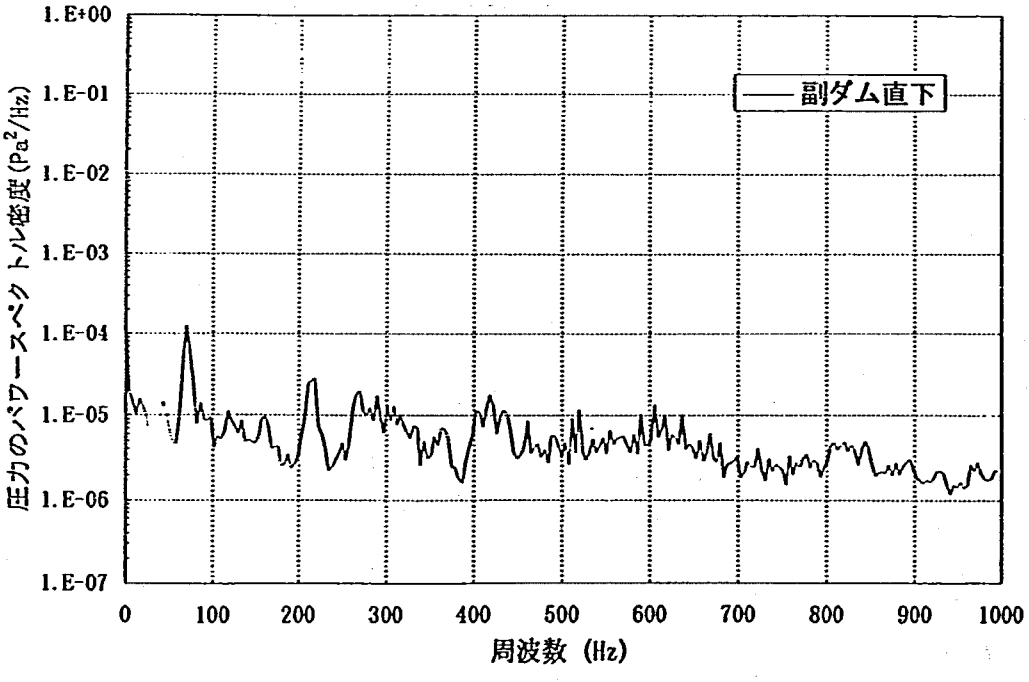
付図−6.155 圧力のパワースペクトル密度分布

給気管部　音圧 0.090 (Pa rms)
音圧レベル　73.08 (dB)

始端部直上　音圧 0.114 (Pa rms)
音圧レベル　75.12 (dB)

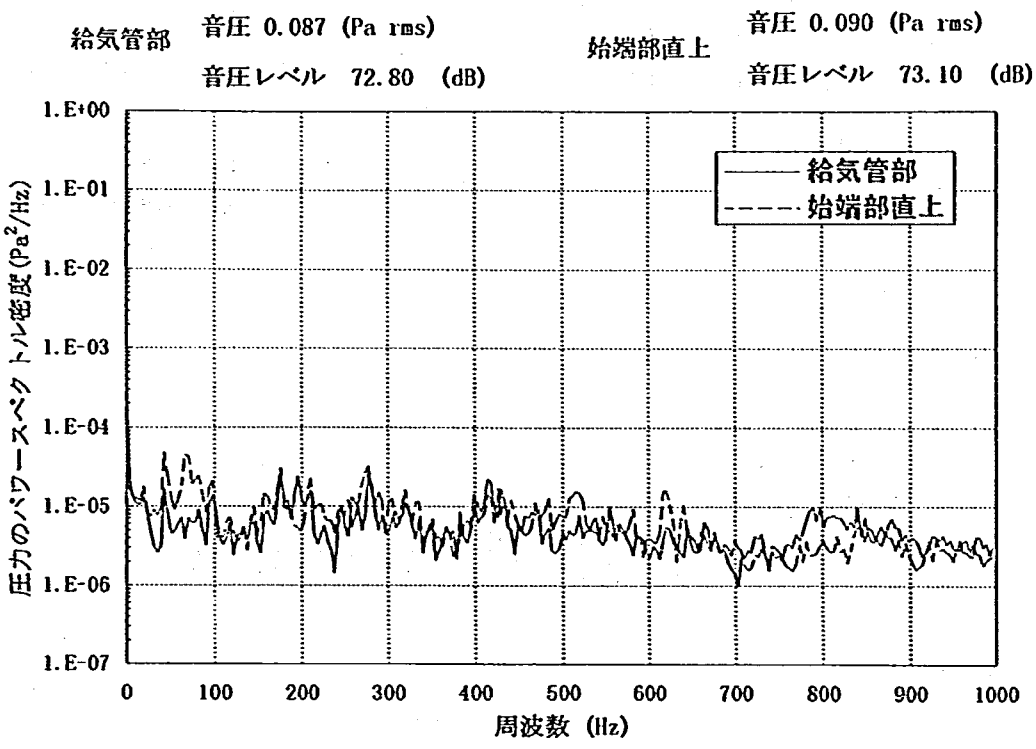


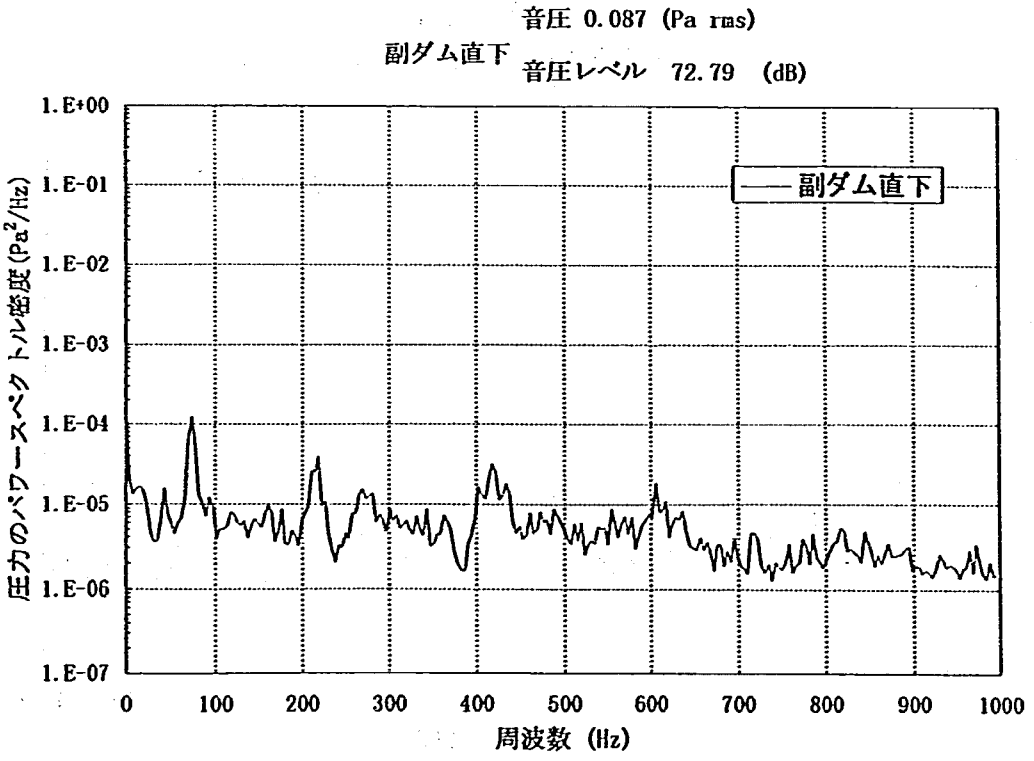
副ダム直下　音圧 0.086 (Pa rms)
音圧レベル　72.66 (dB)



No.4-1(Data No.C07)
h1=6cm , Z=6.0m 相当暗騒音
吐出水脈圧　- (cm)
作用水頭　Z=5.955 (m)
流量　Q= 79.75 (L/s)

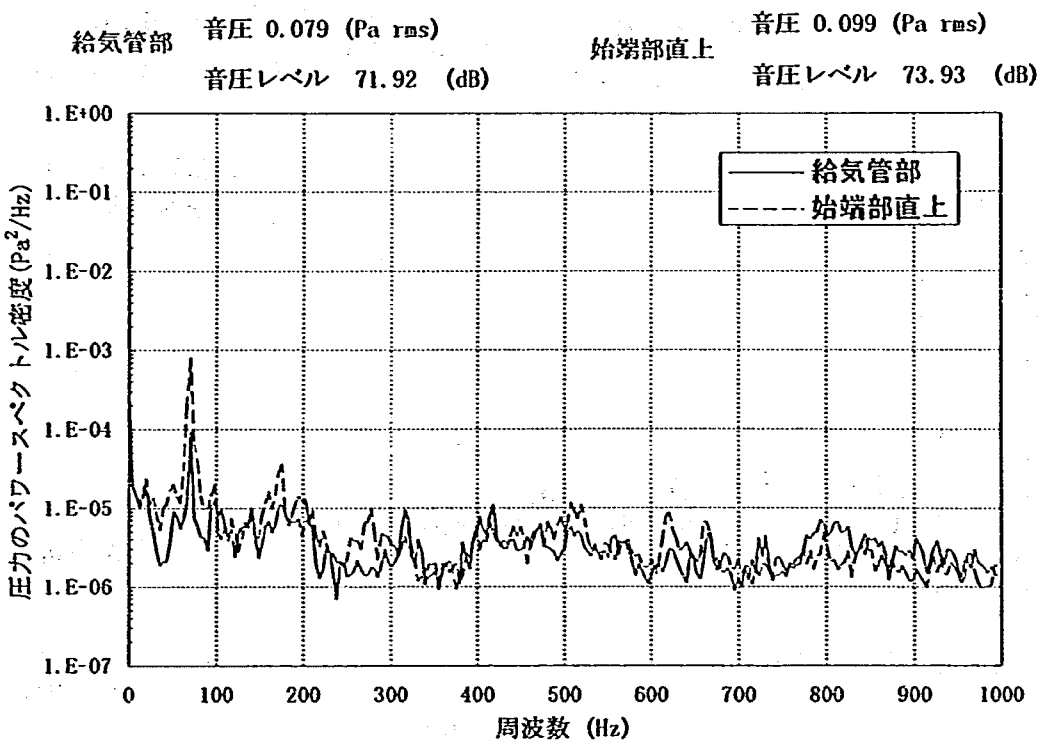
付図−6.156　圧力パワースペクトル密度分布（暗騒音）

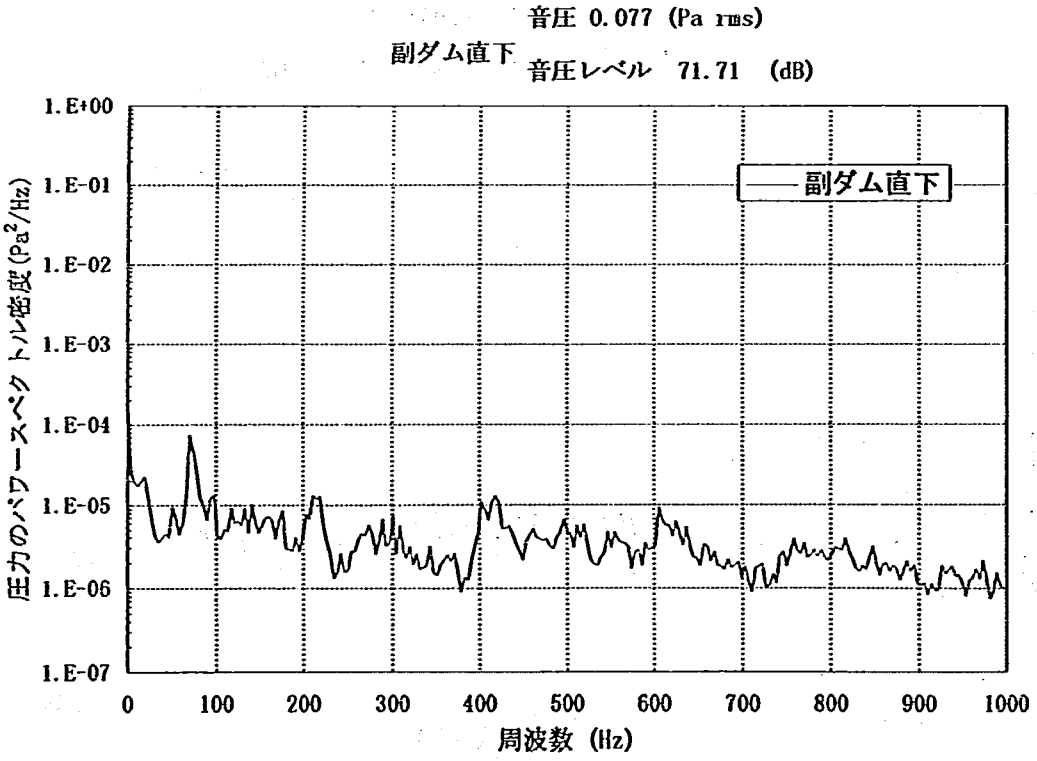




No.4-2(Data No.C08)
h1=6cm , Z=5.0m 相当暗騒音
吐出水脈圧 - (cm)
作用水頭 Z=4.942 (m)
流量 Q= 66.75 (L/s)

付図−6.157 圧力パワースペクトル密度分布 (暗騒音)



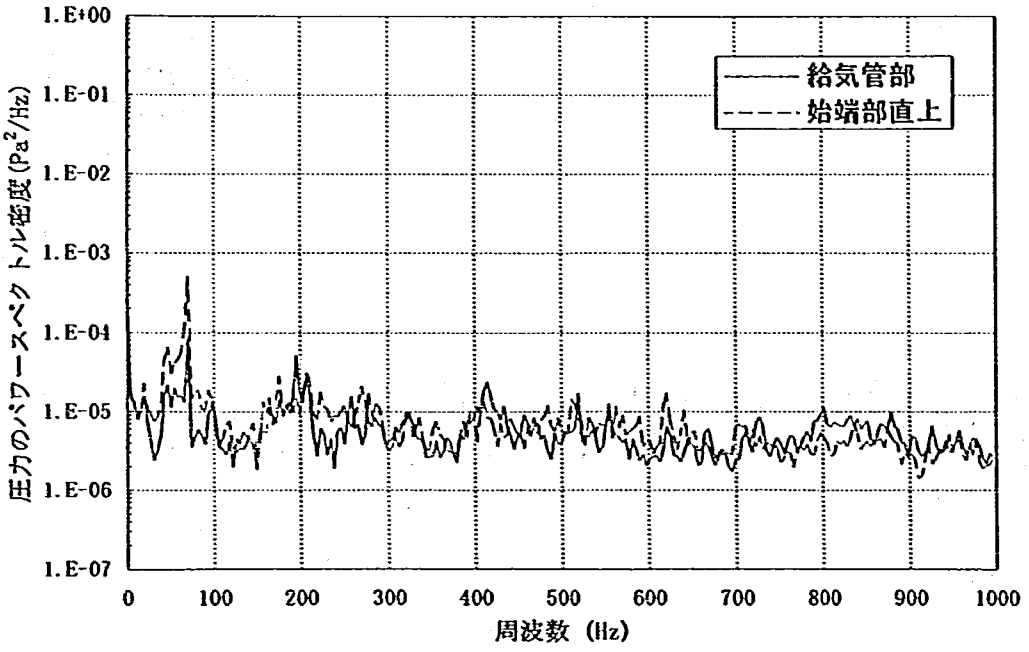


No.4-3(Data No.C09)
h1=6cm , Z=4.0m　相当暗騒音
吐出水脈圧　　- (cm)
作用水頭　Z=4.047 (m)
流量　　Q= 51.45 (L/s)

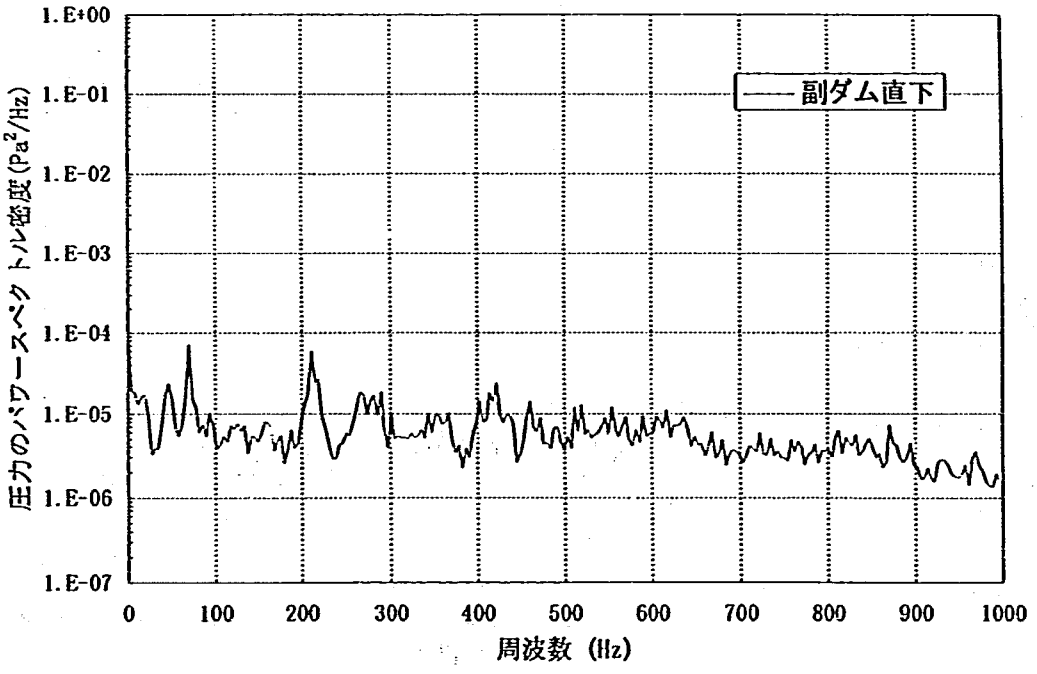
付図－6.158　圧力パワースペクトル密度分布（暗騒音）

給気管部　音圧 0.091 (Pa rms)
音圧レベル　73.15 (dB)

始端部直上　音圧 0.102 (Pa rms)
音圧レベル　74.18 (dB)

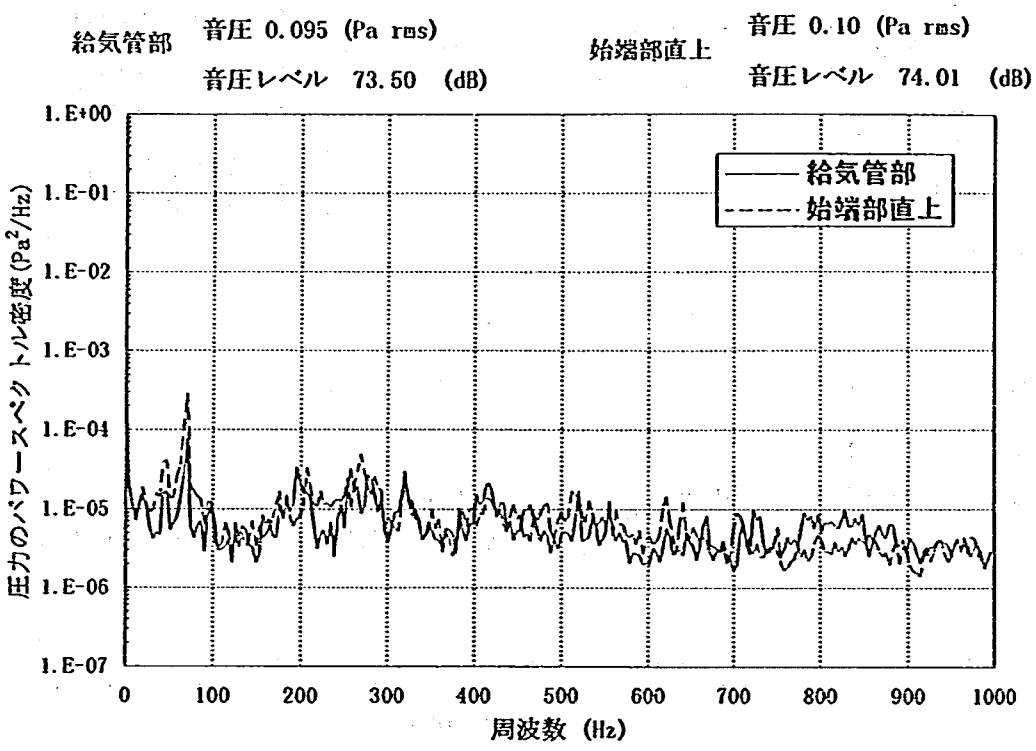


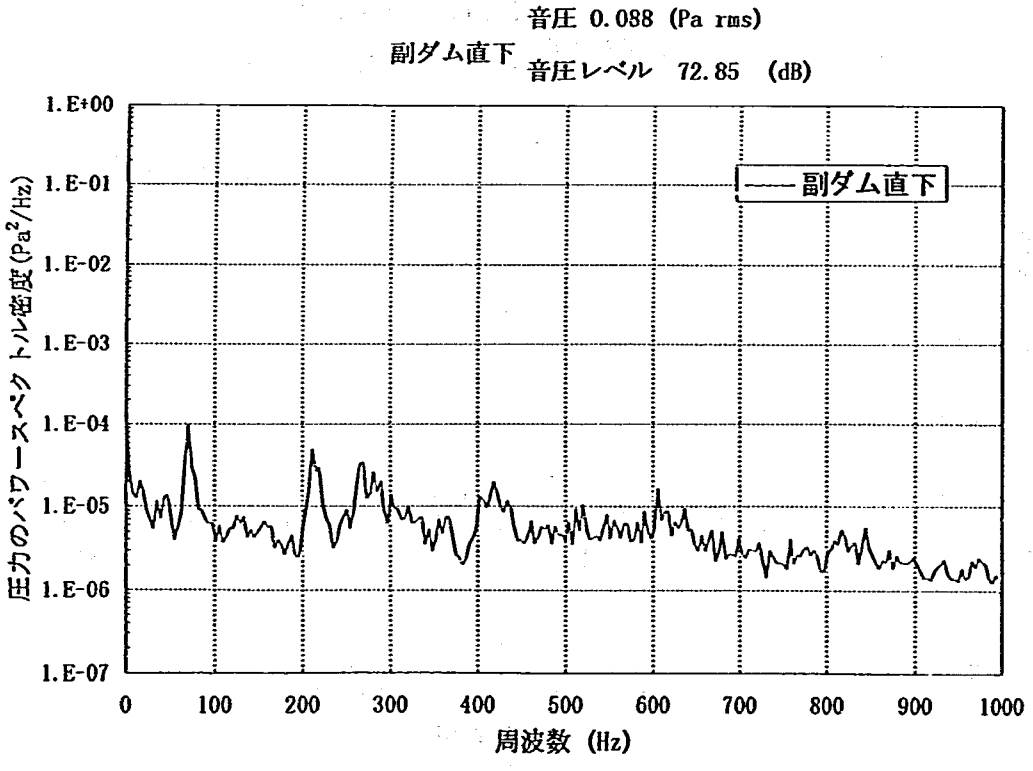
副ダム直下　音圧 0.086 (Pa rms)
音圧レベル　72.71 (dB)



No.4-4(Data No.C04)
h1=8cm , Z=6.0m 相当暗騒音
吐出水脈圧 - (cm)
作用水頭 Z=5.991 (m)
流量 Q= 106.7 (L/s)

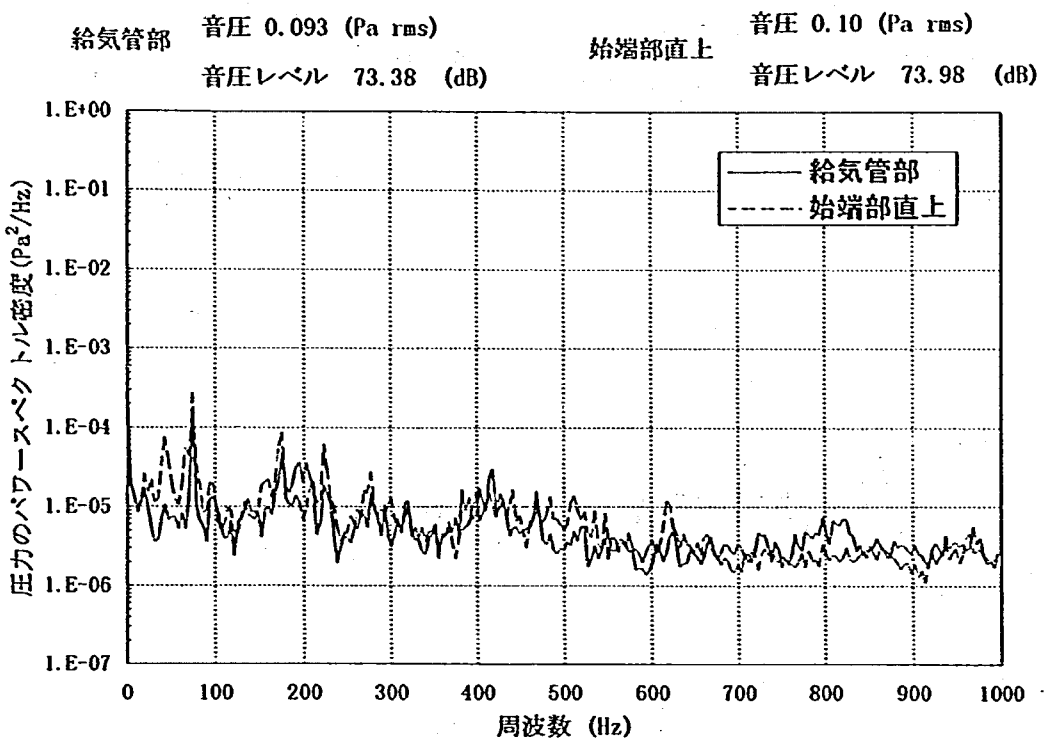
付図－6.159 圧力パワースペクトル密度分布（暗騒音）

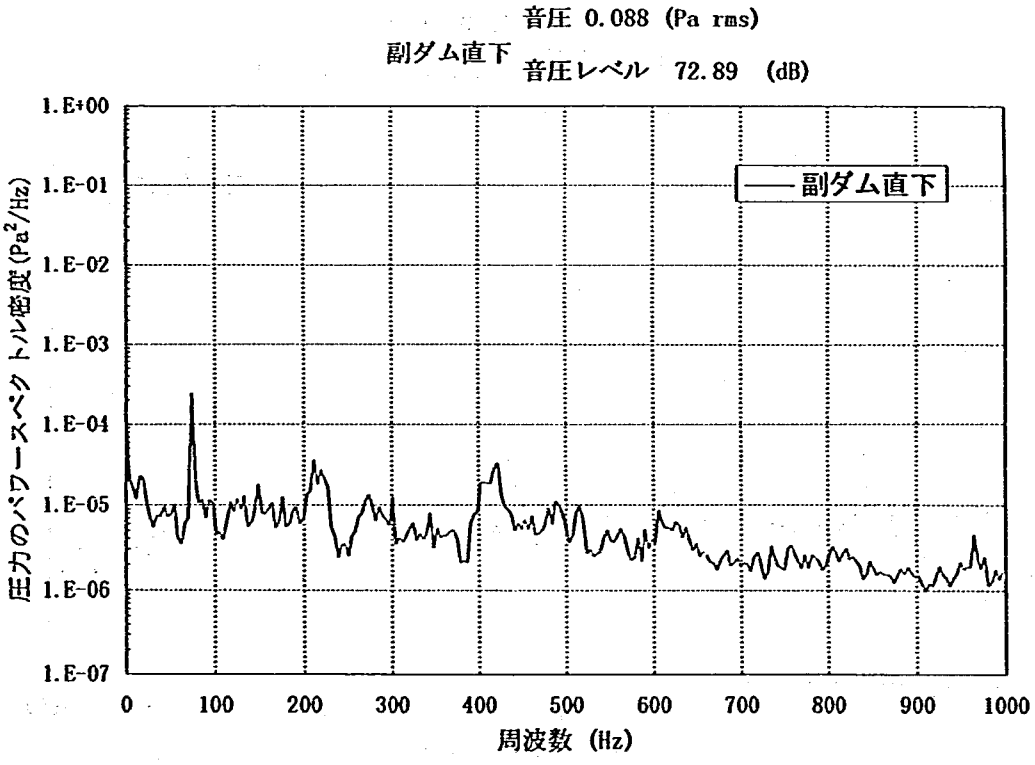




No.4-5(Data No.C05)
h1=8cm , Z=5.0m 相当暗騒音
吐出水脈圧 - (cm)
作用水頭 Z=5.113 (m)
流量 Q= 89.25 (L/s)

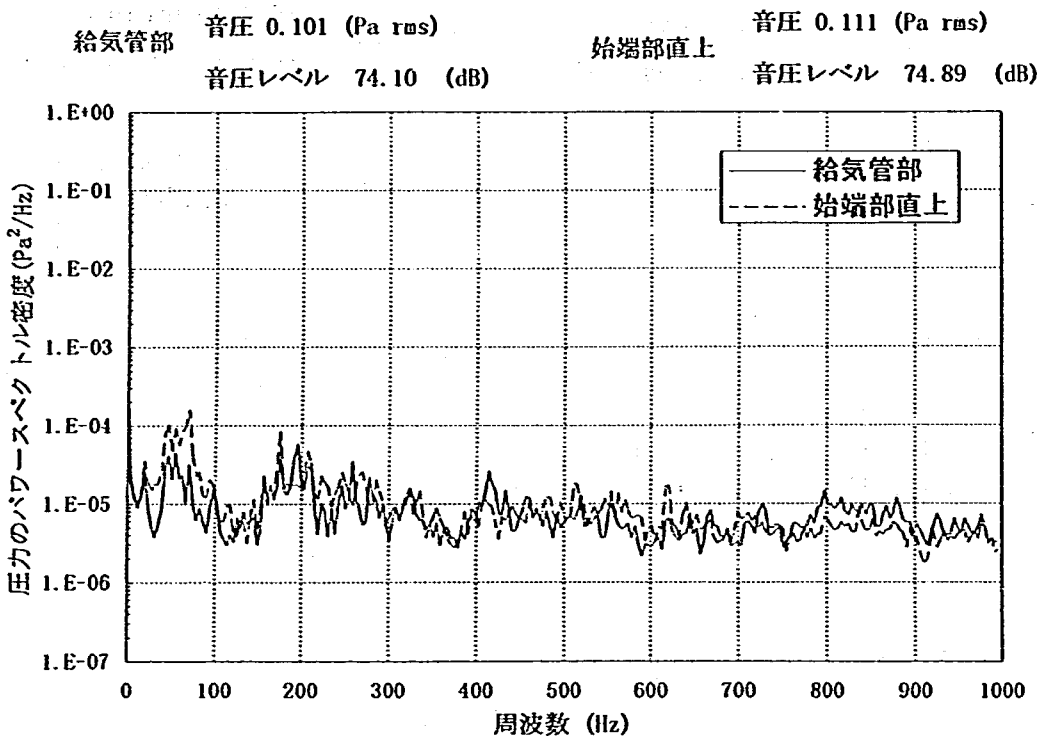
付図－6.160 圧力パワースペクトル密度分布（暗騒音）

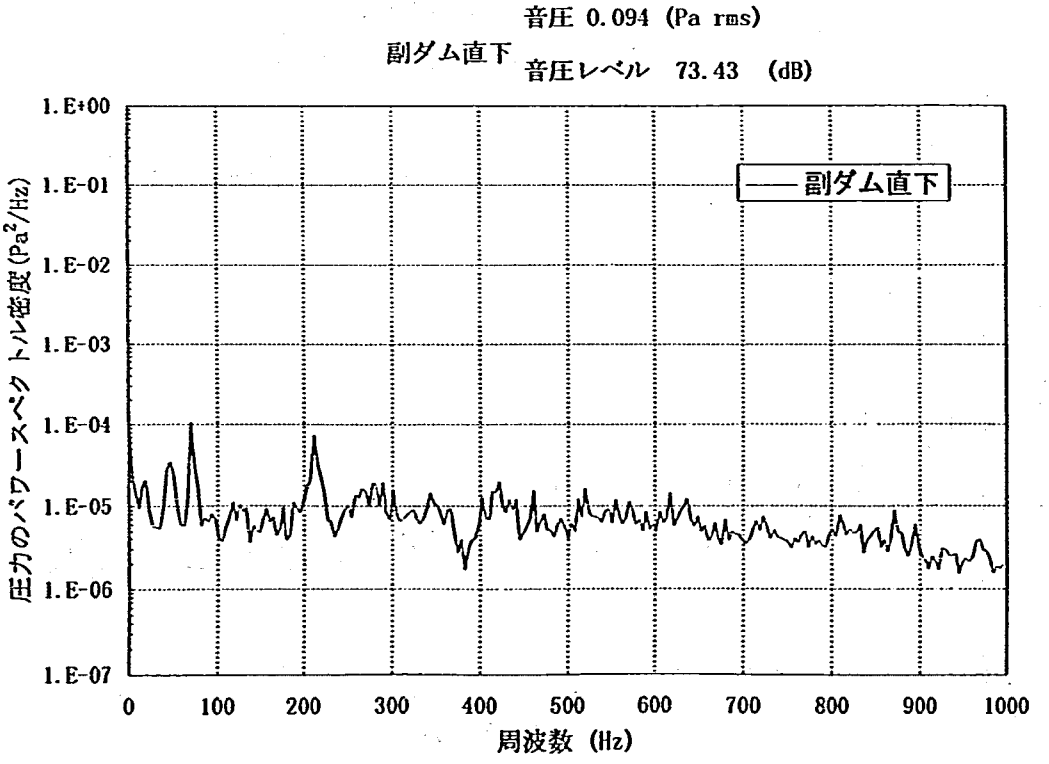




No.4-6(Data No.C06)
h1=8cm , Z=4.0m 相当暗騒音
吐出水脈圧 - (cm)
作用水頭 Z=4.109 (m)
流量 Q= 68.4 (L/s)

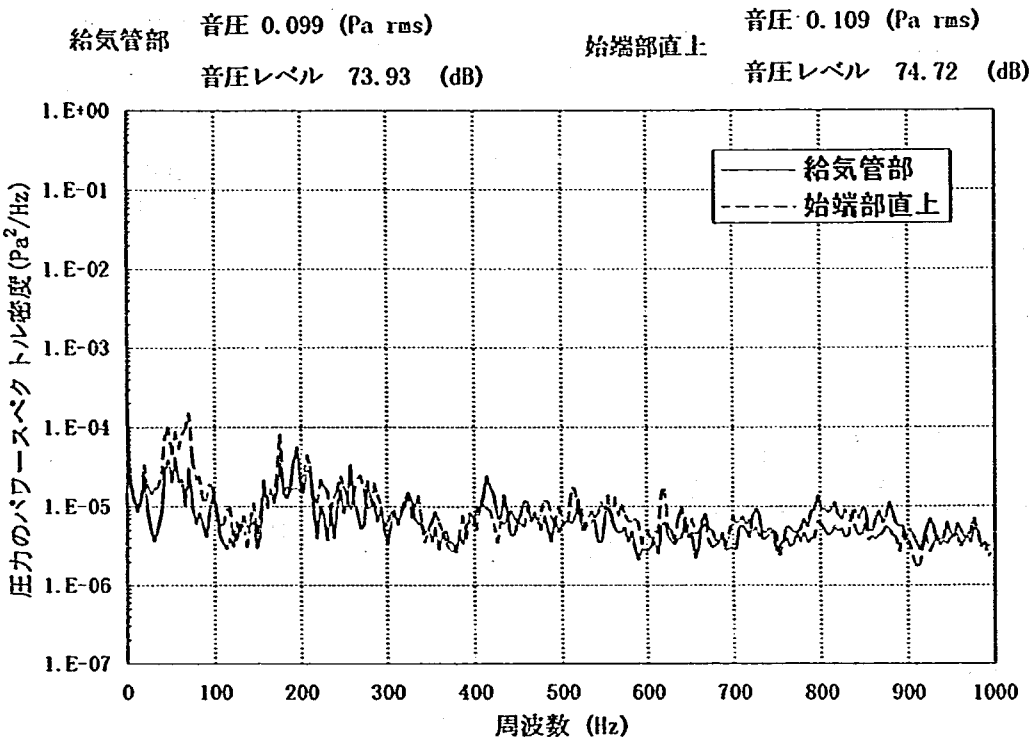
付図－6.161 圧力パワースペクトル密度分布（暗騒音）

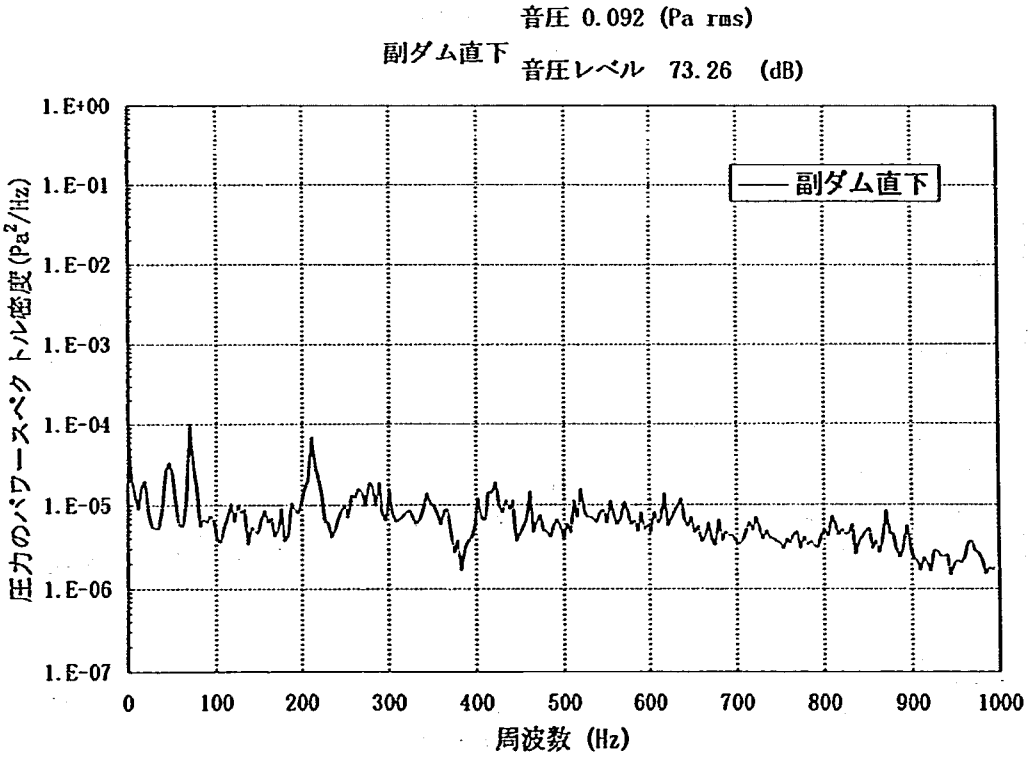




No.4-7(Data No.C01)
h1=12cm , Z=6.0m 相当暗騒音
吐出水脈圧 - (cm)
作用水頭 Z= - (m)
流量 Q= 154.5 (L/s)

付図－6.162 圧力パワースペクトル密度分布（暗騒音）



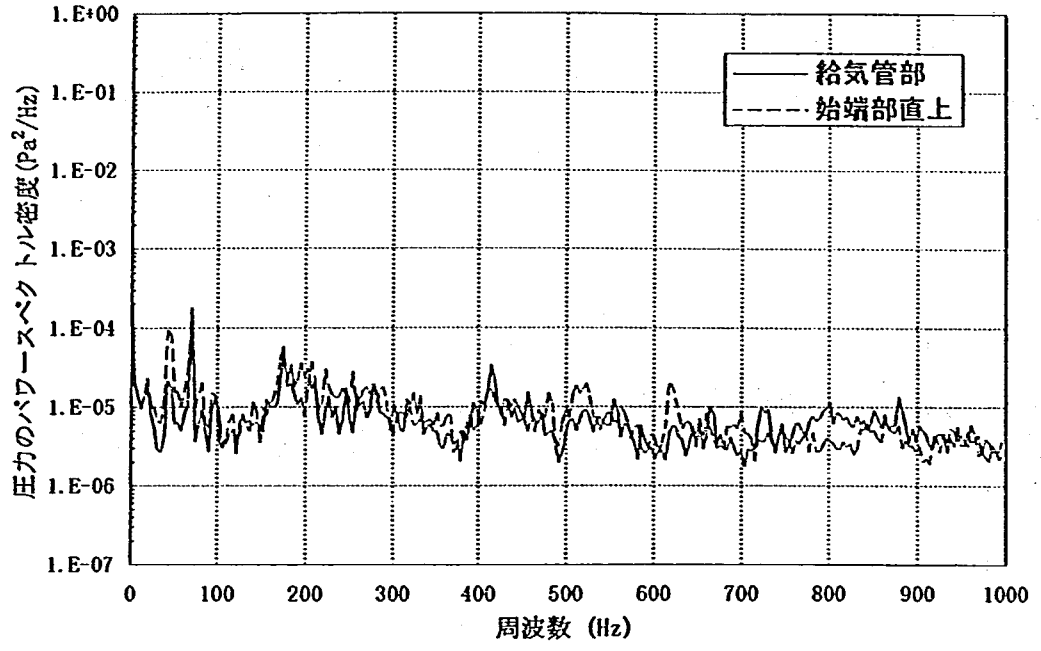


No.4-8(Data No.C02)
h1=12cm , Z=5.0m 相当暗騒音
吐出水脈圧 - (cm)
作用水頭 Z= - (m)
流量 Q= 130.0 (L/s)

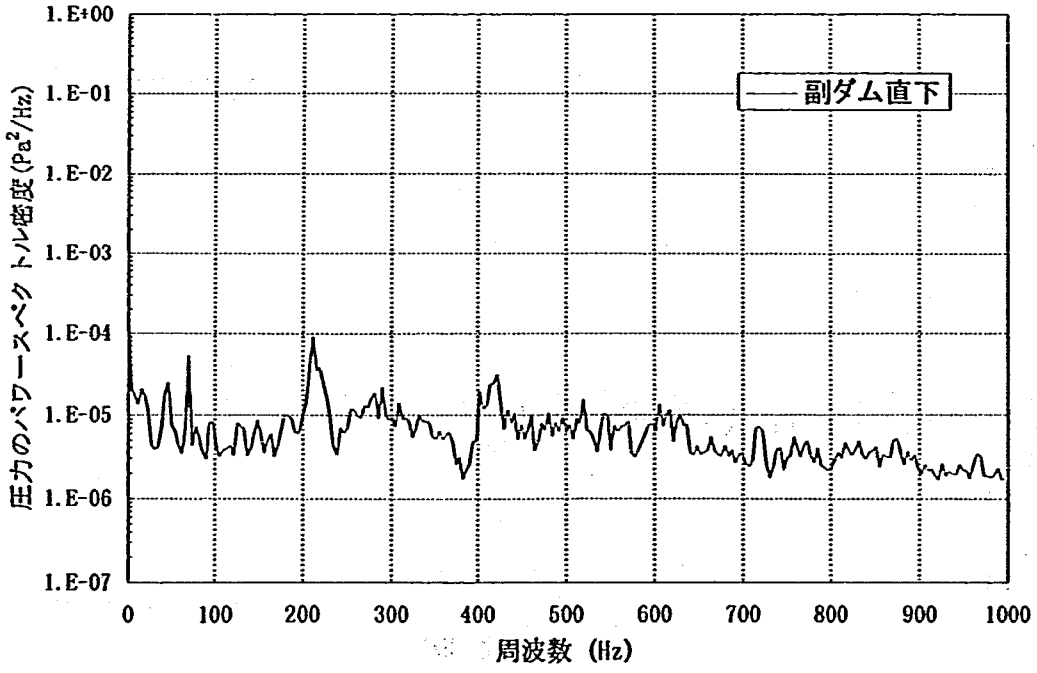
付図−6.163 圧力パワースペクトル密度分布 (暗騒音)

給気管部　音圧 0.10 (Pa rms)
音圧レベル　74.01 (dB)

始端部直上　音圧 0.103 (Pa rms)
音圧レベル　74.27 (dB)



副ダム直下　音圧 0.091 (Pa rms)
音圧レベル　73.20 (dB)



No.4-9(Data No.C03)
h1=12cm , Z=4.0m 相当暗騒音
吐出水脈圧　- (cm)
作用水頭　Z=4.094 (m)
流量　Q= 95.25 (L/s)

付図－6.164 圧力パワースペクトル密度分布（暗騒音）

付　　表

付表－3.1　流入部作用圧力分布調査結果（最終案）

放流量：300m³/s
貯水位：OP.58.0m

ピエゾ No.	修理用ゲートからの水平距離（m）	ピエゾ標高 (OP.m)	呑口上面	
			圧力標高(OP.m)	圧力水頭(m)
1	0.000	57.600	57.900	0.300
2	0.268	56.600	57.740	1.140
3	1.000	55.868	57.300	1.432
4	2.000	55.600	57.380	1.780
5	3.000	55.600	57.500	1.900
6	4.000	55.600	57.540	1.940

放流量：457m³/s
貯水位：OP.64.3m

ピエゾ No.	修理用ゲートからの水平距離（m）	ピエゾ標高 (OP.m)	呑口上面	
			圧力標高(OP.m)	圧力水頭(m)
1	0.000	57.600	63.860	6.260
2	0.268	56.600	62.700	6.100
3	1.000	55.868	62.340	6.472
4	2.000	55.600	62.580	6.980
5	3.000	55.600	62.980	7.380
6	4.000	55.600	63.100	7.500

放流量：700m³/s
貯水位：OP.67.1m

ピエゾ No.	修理用ゲートからの水平距離（m）	ピエゾ標高 (OP.m)	呑口上面	
			圧力標高(OP.m)	圧力水頭(m)
1	0.000	57.600	65.780	8.180
2	0.268	56.600	63.100	6.500
3	1.000	55.868	63.060	7.192
4	2.000	55.600	63.100	7.500
5	3.000	55.600	63.380	7.780
6	4.000	55.600	63.940	8.340

放流量：863m³/s
貯水位：OP.78.5m

ピエゾ No.	修理用ゲートからの水平距離（m）	ピエゾ標高 (OP.m)	呑口上面	
			圧力標高(OP.m)	圧力水頭(m)
1	0.000	57.600	75.820	18.220
2	0.268	56.600	71.100	14.500
3	1.000	55.868	69.820	13.952
4	2.000	55.600	71.340	15.740
5	3.000	55.600	73.620	18.020
6	4.000	55.600	74.220	18.620

付表－4.1　放流管部圧力分布調査結果①（比較案B１，Q＝700㎥/s）

放流量　Q=700m3/s

貯水池水位 OP.67.1m（発電最低水位）

上面		ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
導流部	直線部	1	146.082	50.327	63.600	13.273
		2	154.082	50.038	63.580	13.542
		3	162.082	49.749	63.560	13.811
		4	170.082	49.461	63.520	14.059
		5	178.082	49.172	63.500	14.328
		6	186.082	48.883	63.460	14.577
		7	194.082	48.594	63.420	14.826
		8	202.082	48.306	63.420	15.114
		9	210.082	48.017	63.380	15.363
		10	218.082	47.728	63.360	15.632
		11	226.082	47.439	63.260	15.821
		12	234.082	47.150	63.260	16.110
		13	242.082	46.862	63.220	16.358
		14	250.082	46.573	63.180	16.607
		15	258.082	46.284	63.140	16.856
	湾曲部	16	266.445	45.982	63.140	17.158
		17	276.917	45.604	63.060	17.456
		18	287.389	45.226	63.040	17.814
		19	297.861	44.848	63.020	18.172
		20	308.333	44.470	62.940	18.470
		21	318.805	44.092	62.900	18.808
		22	329.277	43.714	62.860	19.146
		23	339.749	43.336	62.860	19.524
		24	350.221	42.958	62.820	19.862
		25	360.693	42.580	62.700	20.120
		26	371.165	42.202	62.640	20.438
		27	381.637	41.824	62.640	20.816
		28	389.000	41.558	62.600	21.042
拡幅部		29	394.000	42.150	62.660	20.510
		30	398.000	42.150	********	********
		31	402.000	42.150	********	********
		32	406.000	42.150	********	********
		33	410.000	42.150	63.200	21.050
放流管部	右岸側	34	412.000	39.200	60.360	21.160
		35	412.800	38.634	49.920	11.286
		36	413.600	38.452	44.860	6.408
		37	414.400	38.351	42.000	3.649
		38	415.200	38.306	41.460	3.154
		39	416.000	38.300	42.760	4.460
		40	416.800	38.300	43.900	5.600
		41	417.600	38.300	44.680	6.380
		42	418.400	38.300	45.180	6.880
		43	419.200	38.300	45.320	7.020
		44	420.800	38.300	45.340	7.040
		45	421.600	38.300	45.340	7.040
		46	422.400	38.300	45.060	6.760
		47	423.200	38.300	45.620	7.320
		48	424.000	38.300	46.080	7.780

上面		ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
放流管部	左岸側	49	412.000	39.200	61.140	21.940
		50	412.800	38.634	50.780	12.146
		51	413.600	38.452	45.340	6.888
		52	414.400	38.351	42.220	3.869
		53	415.200	38.306	41.560	3.254
		54	416.000	38.300	42.760	4.460
		55	416.800	38.300	43.900	5.600
		56	417.600	38.300	44.740	6.440
		57	418.400	38.300	45.180	6.880
		58	419.200	38.300	45.580	7.280
		59	420.800	38.300	45.380	7.080
		60	421.600	38.300	45.420	7.120
		61	422.400	38.300	45.380	7.080
		62	423.200	38.300	45.500	7.200
		63	424.000	38.300	45.940	7.640

注）表中＊印は空気溜まりのため測定不能

付表－4.2　放流管部圧力分布調査結果②（比較案B１，Q＝700㎥/s）

放流量　Q=700m3/s

貯水池水位 OP.67.1m（発電最低水位）

上　隅		ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部	右岸側	1	394.000	40.050	62.660	22.610
		2	398.000	40.050	62.580	22.530
		3	402.000	40.050	62.980	22.930
		4	406.000	40.050	63.380	23.330
		5	410.000	40.050	62.960	22.910
	左岸側	6	394.000	40.050	62.620	22.570
		7	398.000	40.050	62.340	22.290
		8	402.000	40.050	62.980	22.930
		9	406.000	40.050	63.440	23.390
		10	410.000	40.050	63.040	22.990
放流管部	右岸側	11	412.000	38.849	59.920	21.071
		12	412.800	38.727	51.000	12.273
		13	413.600	38.605	45.820	7.215
		14	414.400	38.483	42.840	4.357
		15	415.200	38.361	41.120	2.759
		16	416.000	38.300	41.460	3.160
		17	416.800	38.300	44.240	5.940
		18	417.600	38.300	45.060	6.760
		19	418.400	38.300	45.740	7.440
		20	419.200	38.300	46.400	8.100
		21	420.800	38.300	45.720	7.420
		22	421.600	38.300	45.640	7.340
		23	422.400	38.300	45.540	7.240
		24	423.200	38.300	45.780	7.480
		25	424.000	38.300	46.100	7.800
		26	424.800	38.300	47.140	8.840
		27	425.600	38.300	48.980	10.680
		28	426.400	38.300	52.160	13.860
	左岸側	29	412.000	39.200	60.340	21.140
		30	412.800	39.000	51.880	12.880
		31	413.600	38.800	45.860	7.060
		32	414.400	38.600	43.080	4.480
		33	415.200	38.400	40.980	2.580
		34	416.000	38.300	41.520	3.220
		35	416.800	38.300	44.220	5.920
		36	417.600	38.300	45.120	6.820
		37	418.400	38.300	45.700	7.400
		38	419.200	38.300	46.460	8.160
		39	420.800	38.300	45.640	7.340
		40	421.600	38.300	45.560	7.260
		41	422.400	38.300	45.720	7.420
		42	423.200	38.300	45.780	7.480
		43	424.000	38.300	46.120	7.820
		44	424.800	38.300	47.000	8.700
		45	425.600	38.300	48.920	10.620
		46	426.400	38.300	52.380	14.080

下　隅		ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部	右岸側	1	394.000	31.250	62.600	31.350
		2	398.000	31.250	62.660	31.410
		3	402.000	31.250	63.160	31.910
		4	406.000	31.250	63.520	32.270
		5	410.000	31.250	61.300	30.050
	左岸側	6	394.000	31.250	62.760	31.510
		7	398.000	31.250	62.820	31.570
		8	402.000	31.250	63.460	32.210
		9	406.000	31.250	63.960	32.710
		10	410.000	31.250	64.060	32.810
放流管部	右岸側	11	412.000	32.451	59.020	26.569
		12	412.800	32.573	50.520	17.947
		13	413.600	32.695	44.960	12.265
		14	414.400	32.817	42.460	9.643
		15	415.200	32.939	40.600	7.661
		16	416.000	33.000	41.180	8.180
		17	416.800	33.000	43.900	10.900
		18	417.600	33.000	45.100	12.100
		19	418.400	33.000	45.600	12.600
		20	419.200	33.000	46.380	13.380
		21	420.800	33.000	45.280	12.280
		22	421.600	33.000	45.040	12.040
		23	422.400	33.000	44.760	11.760
		24	423.200	33.000	44.460	11.460
		25	424.000	33.000	44.080	11.080
		26	424.800	33.000	43.800	10.800
		27	425.600	33.000	43.160	10.160
		28	426.400	33.000	42.180	9.180
		29	427.200	33.000	41.500	8.500
		30	428.000	33.000	40.780	7.780
		31	428.800	33.000	39.740	6.740
		32	429.600	33.000	38.980	5.980
	左岸側	33	412.000	32.100	60.940	28.840
		34	412.800	32.300	50.240	17.940
		35	413.600	32.500	44.760	12.260
		36	414.400	32.700	42.080	9.380
		37	415.200	32.900	40.420	7.520
		38	416.000	33.000	41.060	8.060
		39	416.800	33.000	43.940	10.940
		40	417.600	33.000	45.000	12.000
		41	418.400	33.000	45.480	12.480
		42	419.200	33.000	46.000	13.000
		43	420.800	33.000	45.740	12.740
		44	421.600	33.000	45.280	12.280
		45	422.400	33.000	44.900	11.900
		46	423.200	33.000	44.700	11.700
		47	424.000	33.000	44.060	11.060
		48	424.800	33.000	43.800	10.800
		49	425.600	33.000	43.060	10.060
		50	426.400	33.000	41.980	8.980
		51	427.200	33.000	41.580	8.580
		52	428.000	33.000	40.980	7.980
		53	428.800	33.000	40.100	7.100
		54	429.600	33.000	39.140	6.140

表－4.3　放流管部圧力分布調査結果③（比較案B１，Q＝700㎥/s）

放流量　Q=700m3/s

貯水池水位 OP.67.1m（発電最低水位）

側面（右岸側）		ピエゾNo.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
導流部	直線部	1	146.082	44.527	63.480	18.953
		2	154.082	44.238	63.480	19.242
		3	162.082	43.949	63.460	19.511
		4	170.082	43.661	63.440	19.779
		5	178.082	43.372	63.440	20.068
		6	186.082	43.083	63.460	20.377
		7	194.082	42.794	63.420	20.626
		8	202.082	42.506	63.400	20.894
		9	210.082	42.217	63.340	21.123
		10	218.082	41.928	63.320	21.392
		11	226.082	41.639	63.240	21.601
		12	234.082	41.350	63.220	21.870
		13	242.082	41.062	63.180	22.118
		14	250.082	40.773	63.180	22.407
		15	258.082	40.484	63.140	22.656
	湾曲部	16	266.445	40.182	62.840	22.658
		17	276.917	39.804	62.760	22.956
		18	287.389	39.426	62.760	23.334
		19	297.861	39.048	62.700	23.652
		20	308.333	38.670	62.680	24.010
		21	318.805	38.292	62.680	24.388
		22	329.277	37.914	62.640	24.726
		23	339.749	37.536	62.540	25.004
		24	350.221	37.158	62.560	25.402
		25	360.693	36.780	62.460	25.680
		26	371.165	36.402	62.440	26.038
		27	381.637	36.024	62.460	26.436
		28	389.000	35.758	62.600	26.842
拡幅部		29	394.000	35.650	62.580	26.930
		30	398.000	35.650	62.600	26.950
		31	402.000	35.650	62.960	27.310
		32	406.000	35.650	63.180	27.530
		33	410.000	35.650	63.280	27.630
放流管部		34	412.000	35.650	59.220	23.570
		35	412.800	35.650	50.880	15.230
		36	413.600	35.650	46.200	10.550
		37	414.400	35.650	44.020	8.370
		38	415.200	35.650	43.560	7.910
		39	416.000	35.650	43.640	7.990
		40	416.800	35.650	43.940	8.290
		41	417.600	35.650	44.220	8.570
		42	418.400	35.650	44.700	9.050
		43	419.200	35.650	44.940	9.290
		44	420.800	35.650	45.200	9.550
		45	421.600	35.650	45.100	9.450
		46	422.400	35.650	45.100	9.450
		47	423.200	35.650	45.040	9.390
		48	424.000	35.650	44.720	9.070
		49	424.800	35.650	44.360	8.710
		50	425.600	35.650	43.720	8.070
		51	426.400	35.650	42.760	7.110
		52	427.200	35.650	41.740	6.090

側面（左岸側）		ピエゾNo.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
導流部	直線部	1	146.082	44.527	63.600	19.073
		2	154.082	44.238	63.600	19.362
		3	162.082	43.949	63.560	19.611
		4	170.082	43.661	63.540	19.879
		5	178.082	43.372	63.500	20.128
		6	186.082	43.083	63.460	20.377
		7	194.082	42.794	63.420	20.626
		8	202.082	42.506	63.380	20.874
		9	210.082	42.217	63.320	21.103
		10	218.082	41.928	63.300	21.372
		11	226.082	41.639	63.260	21.621
		12	234.082	41.350	63.220	21.870
		13	242.082	41.062	63.220	22.158
		14	250.082	40.773	63.200	22.427
		15	258.082	40.484	63.160	22.676
	湾曲部	16	266.445	40.182	63.300	23.118
		17	276.917	39.804	63.300	23.496
		18	287.389	39.426	63.260	23.834
		19	297.861	39.048	63.220	24.172
		20	308.333	38.670	63.220	24.550
		21	318.805	38.292	63.180	24.888
		22	329.277	37.914	63.180	25.266
		23	339.749	37.536	63.140	25.604
		24	350.221	37.158	63.100	25.942
		25	360.693	36.780	63.020	26.240
		26	371.165	36.402	62.980	26.578
		27	381.637	36.024	62.900	26.876
		28	389.000	35.758	62.660	26.902
拡幅部		29	394.000	35.650	62.540	26.890
		30	398.000	35.650	62.500	26.850
		31	402.000	35.650	62.940	27.290
		32	406.000	35.650	63.400	27.750
		33	410.000	35.650	63.460	27.810
放流管部		34	412.000	35.650	59.720	24.070
		35	412.800	35.650	50.980	15.330
		36	413.600	35.650	46.100	10.450
		37	414.400	35.650	44.040	8.390
		38	415.200	35.550	43.540	7.890
		39	416.000	35.650	43.700	8.050
		40	416.800	35.650	43.940	8.290
		41	417.600	35.650	44.140	8.490
		42	418.400	35.650	44.640	8.990
		43	419.200	35.650	44.700	9.050
		44	420.800	35.650	45.140	9.490
		45	421.600	35.650	45.200	9.550
		46	422.400	35.650	45.180	9.530
		47	423.200	35.650	44.840	9.190
		48	424.000	35.650	44.800	9.150
		49	424.800	35.650	44.380	8.730
		50	425.600	35.650	43.740	8.090
		51	426.400	35.650	42.780	7.130
		52	427.200	35.650	41.440	5.790

付表－4.4　放流管部圧力分布調査結果④（比較案B１，Q＝700㎥/s）

放流量　Q=700m3/s

貯水池水位 OP.67.1m（発電最低水位）

下面		ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
導流部	直線部	1	146.082	38.727	63.540	24.813
		2	154.082	38.438	63.540	25.102
		3	162.082	38.149	63.520	25.371
		4	170.082	37.861	63.500	25.639
		5	178.082	37.572	63.460	25.888
		6	186.082	37.283	63.440	26.157
		7	194.082	36.994	63.380	26.386
		8	202.082	36.706	63.400	26.694
		9	210.082	36.417	63.360	26.943
		10	218.082	36.128	63.320	27.192
		11	226.082	35.839	63.240	27.401
		12	234.082	35.550	63.220	27.670
		13	242.082	35.262	63.200	27.938
		14	250.082	34.973	63.160	28.187
		15	258.082	34.684	63.140	28.456
	湾曲部	16	266.445	34.382	63.100	28.718
		17	276.917	34.004	63.060	29.056
		18	287.389	33.626	63.020	29.394
		19	297.861	33.248	62.980	29.732
		20	308.333	32.870	62.900	30.030
		21	318.805	32.492	62.880	30.388
		22	329.277	32.114	62.840	30.726
		23	339.749	31.736	62.780	31.044
		24	350.221	31.358	62.760	31.402
		25	360.693	30.980	62.700	31.720
		26	371.165	30.602	62.600	31.998
		27	381.637	30.224	62.580	32.356
		28	389.000	29.958	62.580	32.622
拡幅部		29	394.000	29.150	62.540	33.390
		30	398.000	29.150	62.800	33.650
		31	402.000	29.150	63.280	34.130
		32	406.000	29.150	63.740	34.590
		33	410.000	29.150	63.500	34.350
放流管部	右岸側	34	412.000	32.100	59.860	27.760
		35	412.800	32.666	48.440	15.774
		36	413.600	32.848	44.080	11.232
		37	414.400	32.949	41.520	8.571
		38	415.200	32.994	41.080	8.086
		39	416.000	33.000	42.440	9.440
		40	416.800	33.000	43.580	10.580
		41	417.600	33.000	44.440	11.440
		42	418.400	33.000	45.040	12.040
		43	419.200	33.000	45.300	12.300
		44	420.800	33.000	45.060	12.060
		45	421.600	33.000	44.900	11.900
		46	422.400	33.000	44.700	11.700
		47	423.200	33.000	44.420	11.420
		48	424.000	33.000	44.060	11.060
		49	424.800	33.000	43.420	10.420
		50	425.600	33.000	42.920	9.920
		51	426.400	33.000	42.300	9.300
		52	427.200	33.000	41.580	8.580
		53	428.000	33.000	40.620	7.620
		54	428.800	33.000	39.660	6.660
		55	429.600	33.000	38.780	5.780

下面		ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
放流管部	左岸側	56	412.000	32.100	60.920	28.820
		57	412.800	32.666	49.160	16.494
		58	413.600	32.848	44.260	11.412
		59	414.400	32.949	43.960	11.011
		60	415.200	32.994	41.120	8.126
		61	416.000	33.000	42.620	9.620
		62	416.800	33.000	43.780	10.780
		63	417.600	33.000	44.700	11.700
		64	418.400	33.000	45.180	12.180
		65	419.200	33.000	45.380	12.380
		66	420.800	33.000	45.060	12.060
		67	421.600	33.000	45.080	12.080
		68	422.400	33.000	44.820	11.820
		69	423.200	33.000	44.380	11.380
		70	424.000	33.000	44.220	11.220
		71	424.800	33.000	43.720	10.720
		72	425.600	33.000	43.020	10.020
		73	426.400	33.000	42.340	9.340
		74	427.200	33.000	41.460	8.460
		75	428.000	33.000	40.580	7.580
		76	428.800	33.000	39.740	6.740
		77	429.600	33.000	38.980	5.980
シュート部	右岸側	78	432.000	32.973	35.940	2.967
		79	434.000	32.891	34.820	1.929
		80	436.000	32.756	34.460	1.704
		81	438.000	32.566	33.980	1.414
		82	440.000	32.322	33.380	1.058
		83	442.000	32.023	32.940	0.917
		84	444.000	31.671	32.140	0.469
		85	446.000	31.264	31.660	0.396
		86	448.000	30.803	31.300	0.497
		87	450.000	30.287	30.740	0.453
		88	452.000	29.718	30.300	0.582
		89	454.000	29.094	29.340	0.246
		90	456.000	28.415	28.980	0.565
		91	458.000	27.683	29.300	1.617
	左岸側	92	432.000	32.973	36.600	3.627
		93	434.000	32.891	35.140	2.249
		94	436.000	32.756	34.200	1.444
		95	438.000	32.566	33.440	0.874
		96	440.000	32.322	33.260	0.938
		97	442.000	32.023	32.900	0.877
		98	444.000	31.671	32.460	0.789
		99	446.000	31.264	32.020	0.756
		100	448.000	30.803	31.300	0.497
		101	450.000	30.287	31.180	0.893
		102	452.000	29.718	30.380	0.662
		103	454.000	29.094	29.660	0.566
		104	456.000	28.415	29.180	0.765
		105	458.000	27.683	29.300	1.617

付表－4.5　放流管部圧力分布調査結果①（比較案B１，Q＝800㎥/s）

放流量　Q=800m3/s

貯水池水位 OP.78.5m（サーチャージ水位）

上面		ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
導流部	直線部	1	146.082	50.327	73.260	22.933
		2	154.082	50.038	73.100	23.062
		3	162.082	49.749	73.160	23.411
		4	170.082	49.461	73.060	23.599
		5	178.082	49.172	73.160	23.988
		6	186.082	48.883	73.060	24.177
		7	194.082	48.594	73.040	24.446
		8	202.082	48.306	73.060	24.754
		9	210.082	48.017	73.020	25.003
		10	218.082	47.728	72.960	25.232
		11	226.082	47.439	72.880	25.441
		12	234.082	47.150	72.880	25.730
		13	242.082	46.862	72.820	25.958
		14	250.082	46.573	72.780	26.207
		15	258.082	46.284	72.740	26.456
	湾曲部	16	266.445	45.982	72.640	26.658
		17	276.917	45.604	72.580	26.976
		18	287.389	45.226	72.540	27.314
		19	297.861	44.848	72.480	27.632
		20	308.333	44.470	72.400	27.930
		21	318.805	44.092	72.360	28.268
		22	329.277	43.714	72.300	28.586
		23	339.749	43.336	72.260	28.924
		24	350.221	42.958	72.200	29.242
		25	360.693	42.580	72.100	29.520
		26	371:165	42.202	72.040	29.838
		27	381.637	41.824	72.040	30.216
		28	389.000	41.558	71.960	30.402
拡幅部		29	394.000	42.150	********	********
		30	398.000	42.150	********	********
		31	402.000	42.150	********	********
		32	406.000	42.150	********	********
		33	410.000	42.150	72.880	30.730
放流管部	右岸側	34	412.000	39.200	68.980	29.780
		35	412.800	38.634	54.420	15.786
		36	413.600	38.452	47.440	8.988
		37	414.400	38.351	43.540	5.189
		38	415.200	38.306	42.800	4.494
		39	416.000	38.300	44.700	6.400
		40	416.800	38.300	46.260	7.960
		41	417.600	38.300	47.380	9.080
		42	418.400	38.300	48.040	9.740
		43	419.200	38.300	48.180	9.880
		44	420.800	38.300	48.260	9.960
		45	421.600	38.300	48.260	9.960
		46	422.400	38.300	47.900	9.600
		47	423.200	38.300	48.660	10.360
		48	424.000	38.300	49.300	11.000

上面		ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
放流管部	左岸側	49	412.000	39.200	70.020	30.820
		50	412.800	38.634	55.640	17.006
		51	413.600	38.452	48.340	9.888
		52	414.400	38.351	43.920	5.569
		53	415.200	38.306	42.980	4.674
		54	416.000	38.300	44.740	6.440
		55	416.800	38.300	46.360	8.060
		56	417.600	38.300	47.460	9.160
		57	418.400	38.300	48.100	9.800
		58	419.200	38.300	48.540	10.240
		59	420.800	38.300	48.300	10.000
		60	421.600	38.300	48.340	10.040
		61	422.400	38.300	48.260	9.960
		62	423.200	38.300	48.460	10.160
		63	424.000	38.300	49.100	10.800

注）表中＊印は空気溜まりのため測定不能

付表－4.6　放流管部圧力分布調査結果②（比較案B１，Q＝800㎥/s）

放流量　Q=800m3/s

貯水池水位 OP.78.5m（サーチャージ水位）

上　　場		ピエゾ No.	ピエゾ位置		作用圧力	
			水平距離 (m)	標高 (OP.m)	圧力標高 (OP.m)	圧力水頭 (m)
拡幅部	右岸側	1	394.000	40.050	72.040	31.990
		2	398.000	40.050	72.000	31.950
		3	402.000	40.050	72.620	32.570
		4	406.000	40.050	73.060	33.010
		5	410.000	40.050	72.320	32.270
	左岸側	6	394.000	40.050	71.760	31.710
		7	398.000	40.050	71.980	31.930
		8	402.000	40.050	72.580	32.530
		9	406.000	40.050	73.200	33.150
		10	410.000	40.050	72.760	32.710
放流管部	右岸側	11	412.000	38.849	68.080	29.231
		12	412.800	38.727	55.980	17.253
		13	413.600	38.605	48.760	10.155
		14	414.400	38.483	44.900	6.417
		15	415.200	38.361	42.320	3.959
		16	416.000	38.300	42.960	4.660
		17	416.800	38.300	46.700	8.400
		18	417.600	38.300	47.860	9.560
		19	418.400	38.300	48.740	10.440
		20	419.200	38.300	49.740	11.440
		21	420.800	38.300	48.740	10.440
		22	421.600	38.300	48.700	10.400
		23	422.400	38.300	48.500	10.200
		24	423.200	38.300	48.940	10.640
		25	424.000	38.300	49.320	11.020
		26	424.800	38.300	50.820	12.520
		27	425.600	38.300	53.460	15.160
		28	426.400	38.300	57.720	19.420
	左岸側	29	412.000	39.200	69.020	29.820
		30	412.800	39.000	57.080	18.080
		31	413.600	38.800	48.980	10.180
		32	414.400	38.600	45.100	6.500
		33	415.200	38.400	42.260	3.860
		34	416.000	38.300	43.140	4.840
		35	416.800	38.300	46.700	8.400
		36	417.600	38.300	47.900	9.600
		37	418.400	38.300	48.740	10.440
		38	419.200	38.300	49.740	11.440
		39	420.800	38.300	48.660	10.360
		40	421.600	38.300	48.460	10.160
		41	422.400	38.300	48.700	10.400
		42	423.200	38.300	48.820	10.520
		43	424.000	38.300	49.260	10.960
		44	424.800	38.300	50.140	11.840
		45	425.600	38.300	53.320	15.020
		46	426.400	38.300	57.880	19.580

下　　場		ピエゾ No.	ピエゾ位置		作用圧力	
			水平距離 (m)	標高 (OP.m)	圧力標高 (OP.m)	圧力水頭 (m)
拡幅部	右岸側	1	394.000	31.250	71.980	40.730
		2	398.000	31.250	72.160	40.910
		3	402.000	31.250	72.800	41.550
		4	406.000	31.250	73.280	42.030
		5	410.000	31.250	72.940	41.690
	左岸側	6	394.000	31.250	71.880	40.630
		7	398.000	31.250	72.100	40.850
		8	402.000	31.250	72.980	41.730
		9	406.000	31.250	73.640	42.390
		10	410.000	31.250	73.780	42.530
放流管部	右岸側	11	412.000	32.451	67.100	34.649
		12	412.800	32.573	55.420	22.847
		13	413.600	32.695	47.880	15.185
		14	414.400	32.817	46.820	14.003
		15	415.200	32.939	41.860	8.921
		16	416.000	33.000	41.900	8.900
		17	416.800	33.000	46.260	13.260
		18	417.600	33.000	47.860	14.860
		19	418.400	33.000	48.580	15.580
		20	419.200	33.000	49.620	16.620
		21	420.800	33.000	48.060	15.060
		22	421.600	33.000	47.780	14.780
		23	422.400	33.000	47.380	14.380
		24	423.200	33.000	47.020	14.020
		25	424.000	33.000	46.420	13.420
		26	424.800	33.000	46.080	13.080
		27	425.600	33.000	45.300	12.300
		28	426.400	33.000	43.900	10.900
		29	427.200	33.000	42.880	9.880
		30	428.000	33.000	41.960	8.960
		31	428.800	33.000	40.500	7.500
		32	429.600	33.000	39.500	6.500
	左岸側	33	412.000	32.100	69.560	37.460
		34	412.800	32.300	54.480	22.180
		35	413.600	32.500	47.320	14.820
		36	414.400	32.700	43.580	10.880
		37	415.200	32.900	41.340	8.440
		38	416.000	33.000	42.260	9.260
		39	416.800	33.000	46.060	13.060
		40	417.600	33.000	47.580	14.580
		41	418.400	33.000	48.980	15.980
		42	419.200	33.000	48.420	15.420
		43	420.800	33.000	48.020	15.020
		44	421.600	33.000	48.020	15.020
		45	422.400	33.000	47.500	14.500
		46	423.200	33.000	47.180	14.180
		47	424.000	33.000	46.260	13.260
		48	424.800	33.000	45.900	12.900
		49	425.600	33.000	45.260	12.260
		50	426.400	33.000	43.980	10.980
		51	427.200	33.000	42.860	9.860
		52	428.000	33.000	42.060	9.060
		53	428.800	33.000	40.920	7.920
		54	429.600	33.000	39.580	6.580

付表－4.7　放流管部圧力分布調査結果③（比較案B１，Q＝800㎥/s）

放流量　Q=800m3/s

貯水池水位 OP78.5m（サーチャージ水位）

側面（右岸側）		ピエゾNo.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
導流部	直線部	1	146.082	44.527	73.120	28.593
		2	154.082	44.238	73.120	28.882
		3	162.082	43.949	73.120	29.171
		4	170.082	43.661	72.960	29.299
		5	178.082	43.372	73.040	29.668
		6	186.082	43.083	73.040	29.957
		7	194.082	42.794	73.000	30.206
		8	202.082	42.506	73.000	30.494
		9	210.082	42.217	72.940	30.723
		10	218.082	41.928	72.920	30.992
		11	226.082	41.639	72.840	31.201
		12	234.082	41.350	72.800	31.450
		13	242.082	41.062	72.740	31.678
		14	250.082	40.773	72.720	31.947
		15	258.082	40.484	72.680	32.196
	湾曲部	16	266.445	40.182	72.260	32.078
		17	276.917	39.804	72.240	32.436
		18	287.389	39.426	72.040	32.614
		19	297.861	39.048	72.160	33.112
		20	308.333	38.670	72.080	33.410
		21	318.805	38.292	72.080	33.788
		22	329.277	37.914	72.020	34.106
		23	339.749	37.536	71.980	34.444
		24	350.221	37.158	71.960	34.802
		25	360.693	36.780	71.900	35.120
		26	371.165	36.402	71.840	35.438
		27	381.637	36.024	72.040	36.016
		28	389.000	35.758	72.040	36.282
拡幅部		29	394.000	35.650	72.000	36.350
		30	398.000	35.650	72.080	36.430
		31	402.000	35.650	72.520	36.870
		32	406.000	35.650	72.840	37.190
		33	410.000	35.650	73.120	37.470
放流管部		34	412.000	35.650	67.360	31.710
		35	412.800	35.650	55.960	20.310
		36	413.600	35.650	49.500	13.850
		37	414.400	35.650	46.740	11.090
		38	415.200	35.650	45.940	10.290
		39	416.000	35.650	46.040	10.390
		40	416.800	35.650	46.540	10.890
		41	417.600	35.650	47.000	11.350
		42	418.400	35.650	47.440	11.790
		43	419.200	35.650	47.700	12.050
		44	420.800	35.650	47.960	12.310
		45	421.600	35.650	47.820	12.170
		46	422.400	35.650	47.760	12.110
		47	423.200	35.650	47.740	12.090
		48	424.000	35.650	47.340	11.690
		49	424.800	35.650	46.760	11.110
		50	425.600	35.650	45.900	10.250
		51	426.400	35.650	44.620	8.970
		52	427.200	35.650	43.320	7.670

側面（左岸側）		ピエゾNo.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
導流部	直線部	1	146.082	44.527	73.300	28.773
		2	154.082	44.238	73.280	29.042
		3	162.082	43.949	73.240	29.291
		4	170.082	43.661	73.260	29.599
		5	178.082	43.372	73.240	29.868
		6	186.082	43.083	73.180	30.097
		7	194.082	42.794	73.140	30.346
		8	202.082	42.506	73.100	30.594
		9	210.082	42.217	73.040	30.823
		10	218.082	41.928	73.060	31.132
		11	226.082	41.639	72.940	31.301
		12	234.082	41.350	72.940	31.590
		13	242.082	41.062	72.960	31.898
		14	250.082	40.773	72.900	32.127
		15	258.082	40.484	72.900	32.416
	湾曲部	16	266.445	40.182	73.100	32.918
		17	276.917	39.804	73.100	33.296
		18	287.389	39.426	73.060	33.634
		19	297.861	39.048	73.040	33.992
		20	308.333	38.670	73.020	34.350
		21	318.805	38.292	72.900	34.608
		22	329.277	37.914	72.900	34.986
		23	339.749	37.536	72.860	35.324
		24	350.221	37.158	72.780	35.622
		25	360.693	36.780	72.640	35.860
		26	371.165	36.402	72.700	36.298
		27	381.637	36.024	72.500	36.476
		28	389.000	35.758	72.220	36.462
拡幅部		29	394.000	35.650	72.040	36.390
		30	398.000	35.650	72.000	36.350
		31	402.000	35.650	72.580	36.930
		32	406.000	35.650	73.240	37.590
		33	410.000	35.650	73.380	37.730
放流管部		34	412.000	35.650	67.960	32.310
		35	412.800	35.650	56.000	20.350
		36	413.600	35.650	49.320	13.670
		37	414.400	35.650	46.400	10.750
		38	415.200	35.650	45.720	10.070
		39	416.000	35.650	45.940	10.290
		40	416.800	35.650	46.280	10.630
		41	417.600	35.650	46.700	11.050
		42	418.400	35.650	47.280	11.630
		43	419.200	35.650	47.300	11.650
		44	420.800	35.650	48.220	12.570
		45	421.600	35.650	47.980	12.330
		46	422.400	35.650	48.000	12.350
		47	423.200	35.650	47.500	11.850
		48	424.000	35.650	47.440	11.790
		49	424.800	35.650	46.820	11.170
		50	425.600	35.650	45.980	10.330
		51	426.400	35.650	44.700	9.050
		52	427.200	35.650	42.900	7.250

付表－4.8　放流管部圧力分布調査結果④（比較案B１，Q＝800㎥/s）

放流量　Q=800m3/s

貯水池水位 OP.78.5m（サーチャージ水位）

下面		ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
導流部	直線部	1	146.082	38.727	73.300	34.573
		2	154.082	38.438	73.300	34.862
		3	162.082	38.149	73.260	35.111
		4	170.082	37.861	73.220	35.359
		5	178.082	37.572	73.220	35.648
		6	186.082	37.283	73.180	35.897
		7	194.082	36.994	73.140	36.146
		8	202.082	36.706	73.180	36.474
		9	210.082	36.417	73.060	36.643
		10	218.082	36.128	73.020	36.892
		11	226.082	35.839	72.960	37.121
		12	234.082	35.550	72.920	37.370
		13	242.082	35.262	72.880	37.618
		14	250.082	34.973	72.780	37.807
		15	258.082	34.684	72.780	38.096
	湾曲部	16	266.445	34.382	72.760	38.378
		17	276.917	34.004	72.700	38.696
		18	287.389	33.626	72.620	38.994
		19	297.861	33.248	72.580	39.332
		20	308.333	32.870	72.480	39.610
		21	318.805	32.492	72.460	39.968
		22	329.277	32.114	72.380	40.266
		23	339.749	31.736	72.300	40.564
		24	350.221	31.358	72.300	40.942
		25	360.693	30.980	72.260	41.280
		26	371.165	30.602	72.100	41.498
		27	381.637	30.224	72.060	41.836
		28	389.000	29.958	72.020	42.062
拡幅部		29	394.000	29.150	72.100	42.950
		30	398.000	29.150	72.420	43.270
		31	402.000	29.150	73.040	43.890
		32	406.000	29.150	73.760	44.610
		33	410.000	29.150	73.460	44.310
放流管部	右岸側	34	412.000	32.100	68.060	35.960
		35	412.800	32.666	52.420	19.754
		36	413.600	32.848	46.260	13.412
		37	414.400	32.949	42.900	9.951
		38	415.200	32.994	42.340	9.346
		39	416.000	33.000	44.340	11.340
		40	416.800	33.000	45.780	12.780
		41	417.600	33.000	44.900	11.900
		42	418.400	33.000	47.780	14.780
		43	419.200	33.000	48.180	15.180
		44	420.800	33.000	47.760	14.760
		45	421.600	33.000	47.540	14.540
		46	422.400	33.000	47.300	14.300
		47	423.200	33.000	46.860	13.860
		48	424.000	33.000	46.420	13.420
		49	424.800	33.000	45.500	12.500
		50	425.600	33.000	44.780	11.780
		51	426.400	33.000	44.020	11.020
		52	427.200	33.000	43.020	10.020
		53	428.000	33.000	41.660	8.660
		54	428.800	33.000	40.420	7.420
		55	429.600	33.000	39.180	6.180

下面		ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
放流管部	左岸側	56	412.000	32.100	69.180	37.080
		57	412.800	32.666	53.560	20.894
		58	413.600	32.848	46.560	13.712
		59	414.400	32.949	42.940	9.991
		60	415.200	32.994	42.380	9.386
		61	416.000	33.000	44.020	11.020
		62	416.800	33.000	45.960	12.960
		63	417.600	33.000	47.180	14.180
		64	418.400	33.000	47.820	14.820
		65	419.200	33.000	47.700	14.700
		66	420.800	33.000	47.860	14.860
		67	421.600	33.000	48.040	15.040
		68	422.400	33.000	47.380	14.380
		69	423.200	33.000	46.780	13.780
		70	424.000	33.000	46.620	13.620
		71	424.800	33.000	45.860	12.860
		72	425.600	33.000	44.940	11.940
		73	426.400	33.000	44.020	11.020
		74	427.200	33.000	42.780	9.780
		75	428.000	33.000	41.580	8.580
		76	428.800	33.000	40.420	7.420
		77	429.600	33.000	39.420	6.420
シュート部	右岸側	78	432.000	32.973	35.380	2.407
		79	434.000	32.891	33.940	1.049
		80	436.000	32.756	33.620	0.864
		81	438.000	32.566	33.120	0.554
		82	440.000	32.322	32.500	0.178
		83	442.000	32.023	32.220	0.197
		84	444.000	31.671	31.620	-0.051
		85	446.000	31.264	31.300	0.036
		86	448.000	30.803	30.980	0.177
		87	450.000	30.287	30.420	0.133
		88	452.000	29.718	29.980	0.262
		89	454.000	29.094	29.140	0.046
		90	456.000	28.415	28.620	0.205
		91	458.000	27.683	29.180	1.497
	左岸側	92	432.000	32.973	35.820	2.847
		93	434.000	32.891	34.260	1.369
		94	436.000	32.756	33.220	0.464
		95	438.000	32.566	32.220	-0.346
		96	440.000	32.322	32.260	-0.062
		97	442.000	32.023	32.020	-0.003
		98	444.000	31.671	31.840	0.169
		99	446.000	31.264	31.460	0.196
		100	448.000	30.803	30.940	0.137
		101	450.000	30.287	30.660	0.373
		102	452.000	29.718	29.980	0.262
		103	454.000	29.094	29.300	0.206
		104	456.000	28.415	28.780	0.365
		105	458.000	27.683	29.100	1.417

付表－4.9　管路部～シュート部作用圧力分布①（比較案B２，H＝O.P.67.1m，Q＝745.871㎥/s）

放流量　Q=745.871m³/s

貯水位　OP.67.1m（発電最低水位）

ゲート開度：G=4.8m（全開）

上面	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
直線部	1	3.791	55.474	64.080	8.606
	2	11.791	55.209	64.080	8.871
	3	19.791	54.944	64.040	9.096
	4	27.581	54.686	64.000	9.314
	5	35.581	54.421	63.960	9.539
	6	43.581	54.156	63.960	9.804
	7	51.581	53.891	63.920	10.029
	8	59.581	53.626	63.880	10.254
	9	67.581	53.361	63.840	10.479
	10	75.581	53.096	63.800	10.704
	11	83.581	52.831	63.760	10.929
	12	91.581	52.566	63.760	11.194
	13	99.581	52.301	63.720	11.419
	14	107.581	52.036	63.680	11.644
	15	115.581	51.771	63.640	11.869
	16	123.581	51.505	63.640	12.135
	17	131.581	51.240	63.600	12.360
	18	139.581	50.975	63.560	12.585
	19	147.581	50.710	63.520	12.810
	20	155.581	50.445	63.480	13.035
	21	163.581	50.180	63.440	13.260
	22	171.581	49.915	63.400	13.485
	23	179.581	49.650	63.400	13.750
湾曲部	24	188.817	49.344	63.400	14.056
	25	193.006	49.205	63.400	14.195
	26	197.195	49.066	63.360	14.294
	27	201.383	48.928	63.360	14.432
	28	205.572	48.789	63.360	14.571
	29	209.761	48.650	63.320	14.670
	30	213.950	48.511	63.320	14.809
	31	224.422	48.164	63.280	15.116
	32	228.611	48.026	63.240	15.214
	33	232.799	47.887	63.240	15.353
	34	236.988	47.748	63.240	15.492
	35	241.177	47.609	63.200	15.591
	36	245.366	47.470	63.200	15.730
	37	249.554	47.332	63.200	15.868
	38	260.026	46.985	63.160	16.175
	39	264.215	46.846	63.120	16.274
	40	268.404	46.707	63.080	16.373
	41	272.593	46.568	63.200	16.632
	42	276.782	46.430	63.160	16.730
	43	280.970	46.291	63.200	16.909
	44	285.159	46.152	63.200	17.048
	45	295.631	45.805	63.120	17.315
	46	299.820	45.666	63.120	17.454
	47	304.009	45.527	63.040	17.513
	48	308.198	45.389	63.000	17.611
	49	312.386	45.250	62.960	17.710
	50	316.575	45.111	62.920	17.809
	51	320.764	44.972	62.840	17.868
整流部	52	329.000	44.699	62.720	18.021

下面	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
直線部	1	3.791	43.874	64.080	20.206
	2	11.791	43.609	64.080	20.471
	3	19.791	43.344	64.040	20.696
	4	27.581	43.086	64.000	20.914
	5	35.581	42.821	63.960	21.139
	6	43.581	42.556	63.960	21.404
	7	51.581	42.291	63.920	21.629
	8	59.581	42.026	63.880	21.854
	9	67.581	41.761	63.840	22.079
	10	75.581	41.496	63.800	22.304
	11	83.581	41.231	63.760	22.529
	12	91.581	40.966	63.760	22.794
	13	99.581	40.701	63.720	23.019
	14	107.581	40.436	63.680	23.244
	15	115.581	40.171	63.640	23.469
	16	123.581	39.905	63.640	23.735
	17	131.581	39.640	63.600	23.960
	18	139.581	39.375	63.560	24.185
	19	147.581	39.110	63.520	24.410
	20	155.581	38.845	63.480	24.635
	21	163.581	38.580	63.440	24.860
	22	171.581	38.315	63.400	25.085
	23	179.581	38.050	63.400	25.350
湾曲部	24	188.817	37.744	63.400	25.656
	25	193.006	37.605	63.360	25.755
	26	197.195	37.466	63.320	25.854
	27	201.383	37.328	63.320	25.992
	28	205.572	37.189	63.320	26.131
	29	209.761	37.050	63.320	26.270
	30	213.950	36.911	63.320	26.409
	31	224.422	36.564	63.280	26.716
	32	228.611	36.426	63.240	26.814
	33	232.799	36.287	63.200	26.913
	34	236.988	36.148	63.200	27.052
	35	241.177	36.009	63.200	27.191
	36	245.366	35.870	63.200	27.330
	37	249.554	35.732	63.160	27.428
	38	260.026	35.385	63.120	27.735
	39	264.215	35.246	63.120	27.874
	40	268.404	35.107	63.080	27.973
	41	272.593	34.968	63.240	28.272
	42	276.782	34.830	63.200	28.370
	43	280.970	34.691	63.200	28.509
	44	285.159	34.552	63.160	28.608
	45	295.631	34.205	63.120	28.915
	46	299.820	34.066	63.000	28.934
	47	304.009	33.927	63.000	29.073
	48	308.198	33.789	62.960	29.171
	49	312.386	33.650	62.960	29.310
	50	316.575	33.511	63.000	29.489
	51	320.764	33.372	62.880	29.508
整流部	52	329.000	33.099	62.760	29.661

付表－4.10　管路部～シュート部作用圧力分布②（比較案B２，H＝O.P.67.1m，Q＝745.871㎥/s）

放流量　Q=745.871m³/s

貯水位　OP.67.1m（発電最低水位）

ゲート開度：G=4.8m（全開）

側面 (左岸)	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
直線部	1	3.791	49.674	64.080	14.406
	2	11.791	49.409	64.080	14.671
	3	19.791	49.144	64.040	14.896
	4	27.581	48.886	64.000	15.114
	5	35.581	48.621	63.960	15.339
	6	43.581	48.356	63.960	15.604
	7	51.581	48.091	63.920	15.829
	8	59.581	47.826	63.880	16.054
	9	67.581	47.561	63.840	16.279
	10	75.581	47.296	63.800	16.504
	11	83.581	47.031	63.760	16.729
	12	91.581	46.766	63.760	16.994
	13	99.581	46.501	63.720	17.219
	14	107.581	46.236	63.680	17.444
	15	115.581	45.971	63.640	17.669
	16	123.581	45.705	63.640	17.935
	17	131.581	45.440	63.600	18.160
	18	139.581	45.175	63.560	18.385
	19	147.581	44.910	63.520	18.610
	20	155.581	44.645	63.480	18.835
	21	163.581	44.380	63.440	19.060
	22	171.581	44.115	63.400	19.285
	23	179.581	43.850	63.400	19.550
湾曲部	24	188.817	43.544	63.560	20.016
	25	193.006	43.405	63.600	20.195
	26	197.195	43.266	63.520	20.254
	27	201.383	43.128	63.520	20.392
	28	205.572	42.989	63.520	20.531
	29	209.761	42.850	63.560	20.710
	30	213.950	42.711	63.520	20.809
	31	224.422	42.364	63.480	21.116
	32	228.611	42.226	63.480	21.254
	33	232.799	42.087	63.480	21.393
	34	236.988	41.948	63.440	21.492
	35	241.177	41.809	63.440	21.631
	36	245.366	41.670	63.440	21.770
	37	249.554	41.532	63.440	21.908
	38	260.026	41.185	63.360	22.175
	39	264.215	41.046	63.360	22.314
	40	268.404	40.907	63.360	22.453
	41	272.593	40.768	63.440	22.672
	42	276.782	40.630	63.440	22.810
	43	280.970	40.491	63.440	22.949
	44	285.159	40.352	63.400	23.048
	45	295.631	40.005	63.360	23.355
	46	299.820	39.866	63.280	23.414
	47	304.009	39.727	63.240	23.513
	48	308.198	39.589	63.200	23.611
	49	312.386	39.450	63.200	23.750
	50	316.575	39.311	63.200	23.889
	51	320.764	39.172	63.120	23.948
堅流部	52	329.000	38.899	62.800	23.901

側面 (右岸)	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
直線部	1	3.791	49.674	64.080	14.406
	2	11.791	49.409	64.080	14.671
	3	19.791	49.144	64.040	14.896
	4	27.581	48.886	64.000	15.114
	5	35.581	48.621	63.960	15.339
	6	43.581	48.356	63.960	15.604
	7	51.581	48.091	63.920	15.829
	8	59.581	47.826	63.880	16.054
	9	67.581	47.561	63.840	16.279
	10	75.581	47.296	63.800	16.504
	11	83.581	47.031	63.760	16.729
	12	91.581	46.766	63.760	16.994
	13	99.581	46.501	63.720	17.219
	14	107.581	46.236	63.680	17.444
	15	115.581	45.971	63.640	17.669
	16	123.581	45.705	63.640	17.935
	17	131.581	45.440	63.600	18.160
	18	139.581	45.175	63.560	18.385
	19	147.581	44.910	63.520	18.610
	20	155.581	44.645	63.480	18.835
	21	163.581	44.380	63.440	19.060
	22	171.581	44.115	63.400	19.285
	23	179.581	43.850	63.400	19.550
湾曲部	24	188.817	43.544	63.160	19.616
	25	193.006	43.405	63.120	19.715
	26	197.195	43.266	63.080	19.814
	27	201.383	43.128	63.080	19.952
	28	205.572	42.989	63.040	20.051
	29	209.761	42.850	63.040	20.190
	30	213.950	42.711	63.040	20.329
	31	224.422	42.364	63.000	20.636
	32	228.611	42.226	63.000	20.774
	33	232.799	42.087	62.960	20.873
	34	236.988	41.948	62.960	21.012
	35	241.177	41.809	62.960	21.151
	36	245.366	41.670	62.960	21.290
	37	249.554	41.532	62.960	21.428
	38	260.026	41.185	62.920	21.735
	39	264.215	41.046	62.880	21.834
	40	268.404	40.907	62.840	21.933
	41	272.593	40.768	62.920	22.152
	42	276.782	40.630	62.920	22.290
	43	280.970	40.491	62.960	22.469
	44	285.159	40.352	62.960	22.608
	45	295.631	40.005	62.920	22.915
	46	299.820	39.866	62.800	22.934
	47	304.009	39.727	62.760	23.033
	48	308.198	39.589	62.720	23.131
	49	312.386	39.450	62.680	23.230
	50	316.575	39.311	62.720	23.409
	51	320.764	39.172	62.680	23.508
堅流部	52	329.000	38.899	62.760	23.861

付表－4.11　管路部～シュート部作用圧力分布③（比較案B２，H＝O.P.67.1m，Q＝745.871㎥/s）

放流量　Q=745.871m³/s
貯水位　OP.67.1m（発電最低水位）
ゲート開度：G=4.8m（全開）

上　面	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部	1	332.800	44.600	62.880	18.280
(トランジシ	2	333.600	44.600	63.040	18.440
ョン区間)	3	334.400	44.600	63.160	18.560
	4	335.200	44.600	63.240	18.640
	5	336.000	44.600	63.320	18.720
	6	336.800	44.600	63.480	18.880
	7	337.600	44.600	63.520	18.920
	8	338.400	44.600	63.600	19.000
	9	339.200	44.600	63.720	19.120
	10	340.000	44.600	63.800	19.200
	11	340.800	44.600	63.920	19.320
	12	341.600	44.600	64.000	19.400
	13	342.400	44.600	64.120	19.520
	14	344.400	44.600	64.320	19.720
(中央分離壁	15	345.200	44.200	65.160	20.960
沿い)	16	345.459	44.200	63.680	19.480
	17	346.166	44.200	62.680	18.480
	18	347.377	44.200	63.160	18.960
	19	348.668	44.200	64.160	19.960
放流管部	20	350.000	42.667	64.000	21.333
左岸	21	350.800	40.880	55.640	14.760
	22	351.600	40.223	52.280	12.057
	23	352.400	39.777	50.120	10.343
	24	353.200	39.455	48.920	9.465
	25	354.000	39.221	47.920	8.699
	26	354.800	39.058	47.200	8.142
	27	355.600	38.956	46.880	7.924
	28	356.400	38.912	46.960	8.048
	29	357.200	38.850	47.200	8.350
	30	358.000	38.764	47.200	8.436
	31	358.800	38.678	46.760	8.082
	32	360.800	38.463	46.280	7.817
	33	361.600	38.377	45.520	7.143
	34	362.400	38.291	44.640	6.349
	35	363.200	38.205	43.880	5.675
	36	364.000	38.119	43.120	5.001
	37	364.800	38.033	42.200	4.167
	38	365.600	37.947	41.200	3.253

上　面	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
放流管部	43	350.000	42.667	63.320	20.653
右岸	44	350.800	40.880	54.440	13.560
	45	351.600	40.223	51.520	11.297
	46	352.400	39.777	49.440	9.663
	47	353.200	39.455	48.560	9.105
	48	354.000	39.221	47.720	8.499
	49	354.800	39.058	47.080	8.022
	50	355.600	38.956	46.560	7.604
	51	356.400	38.912	46.520	7.608
	52	357.200	38.850	46.840	7.990
	53	358.000	38.764	46.880	8.116
	54	358.800	38.678	46.800	8.122
	55	360.800	38.463	45.560	7.097
	56	361.600	38.377	45.200	6.823
	57	362.400	38.291	44.120	5.829
	58	363.200	38.205	43.520	5.315
	59	364.000	38.119	42.800	4.681
	60	364.800	38.033	41.880	3.847
	61	365.600	37.947	41.120	3.173

付表－4.12　管路部～シュート部作用圧力分布④（比較案B２，H＝O.P.67.1m，Q＝745.871㎥/s）

放流量　Q=745.871m³/s
貯水位　OP.67.1m（発電最低水位）
ゲート開度：G=4.8m（全開）

上　隔（左岸）	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部	1	332.800	43.018	62.640	19.622
(トランジシ	2	333.600	43.136	62.880	19.744
ョン区間)	3	334.400	43.253	63.120	19.867
	4	335.200	43.370	63.280	19.910
	5	336.000	43.487	63.400	19.913
	6	336.800	43.604	63.520	19.916
	7	337.600	43.721	63.640	19.919
	8	338.400	43.838	63.680	19.842
	9	339.200	43.956	63.760	19.804
	10	340.000	44.073	63.840	19.767
	11	340.800	44.190	63.920	19.730
	12	341.600	44.307	64.000	19.693
	13	342.400	44.424	64.040	19.616
	14	344.400	44.600	64.080	19.480
	15	345.200	44.200	64.080	19.880
	16	346.000	44.200	64.080	19.880
	17	346.800	44.200	64.160	19.960
	18	347.600	44.200	64.280	20.080
	19	348.400	44.200	64.400	20.200
	20	349.200	44.200	64.520	20.320
放流管部	21	350.000	42.667	63.800	21.133
	22	350.800	40.880	55.680	14.800
	23	351.600	40.223	52.960	12.737
	24	352.400	39.777	50.480	10.703
	25	353.200	39.455	49.600	10.145
	26	354.000	39.221	48.440	9.219
	27	354.800	39.058	47.720	8.662
	28	355.600	38.956	47.120	8.164
	29	356.400	38.912	47.240	8.328
	30	357.200	38.850	47.000	8.150
	31	358.000	38.764	47.120	8.356
	32	358.800	38.678	46.680	8.002
	33	360.800	38.463	46.720	8.257
	34	361.600	38.377	45.360	6.983
	35	362.400	38.291	44.560	6.269
	36	363.200	38.205	43.800	5.595
	37	364.000	38.119	42.920	4.801
	38	364.800	38.033	41.960	3.927
	39	365.600	37.947	41.000	3.053
	40	366.400	37.861	39.440	1.579

上　隔（右岸）	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部	1	332.800	43.018	62.760	19.742
(トランジシ	2	333.600	43.136	62.920	19.784
ョン区間)	3	334.400	43.253	63.080	19.827
	4	335.200	43.370	63.160	19.790
	5	336.000	43.487	63.200	19.713
	6	336.800	43.604	63.280	19.676
	7	337.600	43.721	63.320	19.599
	8	338.400	43.838	63.360	19.522
	9	339.200	43.956	63.400	19.444
	10	340.000	44.073	63.480	19.407
	11	340.800	44.190	63.480	19.290
	12	341.600	44.307	63.520	19.213
	13	342.400	44.424	63.600	19.176
	14	344.400	44.600	63.720	19.120
	15	345.200	44.200	63.720	19.520
	16	346.000	44.200	63.720	19.520
	17	346.800	44.200	63.760	19.560
	18	347.600	44.200	63.960	19.760
	19	348.400	44.200	64.120	19.920
	20	349.200	44.200	64.280	20.080
放流管部	21	350.000	42.667	63.440	20.773
	22	350.800	40.880	54.760	13.880
	23	351.600	40.223	52.320	12.097
	24	352.400	39.777	50.120	10.343
	25	353.200	39.455	49.080	9.625
	26	354.000	39.221	48.040	8.819
	27	354.800	39.058	47.440	8.382
	28	355.600	38.956	46.800	7.844
	29	356.400	38.912	46.880	7.968
	30	357.200	38.850	47.280	8.430
	31	358.000	38.764	46.950	8.196
	32	358.800	38.678	46.480	7.802
	33	360.800	38.463	46.080	7.617
	34	361.600	38.377	45.040	6.663
	35	362.400	38.291	44.360	6.069
	36	363.200	38.205	43.640	5.435
	37	364.000	38.119	42.720	4.601
	38	364.800	38.033	41.880	3.847
	39	365.600	37.947	40.880	2.933

付表−4.13　管路部～シュート部作用圧力分布⑤（比較案B２，H＝O.P.67.1m，Q＝745.871㎥/s）

放流量　Q=745.871m³/s
貯水位　OP.67.1m（発電最低水位）
ゲート開度：G=4.8m（全開）

側面（左岸）	ピエゾNo.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部（トランジション区間）	1	332.800	38.800	62.800	24.000
	2	333.600	38.800	62.920	24.120
	3	334.400	38.800	63.080	24.280
	4	335.200	38.800	63.200	24.400
	5	336.000	38.800	63.320	24.520
	6	336.800	38.800	63.400	24.600
	7	337.600	38.800	63.520	24.720
	8	338.400	38.800	63.560	24.760
	9	339.200	38.800	63.600	24.800
	10	340.000	38.800	63.640	24.840
	11	340.800	38.800	63.680	24.880
	12	341.600	38.800	63.720	24.920
	13	342.400	38.800	63.640	24.840
	14	344.400	38.800	63.240	24.440
	15	345.200	38.800	62.920	24.120
	16	346.000	38.800	62.520	23.720
	17	346.800	38.800	61.960	23.160
	18	347.600	38.800	61.240	22.440
	19	348.400	38.800	60.360	21.560
	20	349.200	38.800	59.200	20.400
放流管部	21	350.800	35.400	55.520	20.120
	22	351.600	35.400	54.720	19.320
	23	352.400	35.400	53.880	18.480
	24	353.200	35.400	53.040	17.640
	25	354.000	35.400	52.120	16.720
	26	354.800	35.400	51.200	15.800
	27	355.600	35.400	50.560	15.160
	28	356.400	35.400	49.800	14.400
	29	357.200	35.400	49.040	13.640
	30	358.000	35.400	48.320	12.920
	31	358.800	35.400	47.680	12.280
	32	360.800	35.400	46.280	10.880
	33	361.600	35.400	45.000	9.600
	34	362.400	35.400	44.480	9.080
	35	363.200	35.400	43.600	8.200
	36	364.000	35.400	42.680	7.280
	37	364.800	35.400	42.040	6.640
	38	365.600	35.400	41.120	5.720
	39	366.400	35.400	40.320	4.920
	40	367.200	35.400	39.560	4.160

側面（右岸）	ピエゾNo.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部（トランジション区間）	1	332.800	38.800	62.960	24.160
	2	333.600	38.800	63.000	24.200
	3	334.400	38.800	63.120	24.320
	4	335.200	38.800	63.200	24.400
	5	336.000	38.800	63.240	24.440
	6	336.800	38.800	63.280	24.480
	7	337.600	38.800	63.280	24.480
	8	338.400	38.800	63.320	24.520
	9	339.200	38.800	63.320	24.520
	10	340.000	38.800	63.320	24.520
	11	340.800	38.800	63.320	24.520
	12	341.600	38.800	63.280	24.480
	13	342.400	38.800	63.200	24.400
	14	344.400	38.800	62.760	23.960
	15	345.200	38.800	62.400	23.600
	16	346.000	38.800	62.000	23.200
	17	346.800	38.800	61.400	22.600
	18	347.600	38.800	60.680	21.880
	19	348.400	38.800	59.600	20.800
	20	349.200	38.800	58.560	19.760
放流管部	21	350.000	35.400	55.160	19.760
	22	350.800	35.400	54.320	18.920
	23	351.600	35.400	53.400	18.000
	24	352.400	35.400	52.600	17.200
	25	353.200	35.400	51.680	16.280
	26	354.000	35.400	51.000	15.600
	27	354.800	35.400	50.240	14.840
	28	355.600	35.400	49.400	14.000
	29	356.400	35.400	48.720	13.320
	30	357.200	35.400	48.200	12.800
	31	358.000	35.400	47.480	12.080
	32	358.800	35.400	46.080	10.680
	33	360.800	35.400	44.760	9.360
	34	361.600	35.400	44.280	8.880
	35	362.400	35.400	43.840	8.440
	36	363.200	35.400	42.760	7.360
	37	364.000	35.400	41.840	6.440
	38	364.800	35.400	40.480	5.080
	39	365.600	35.400	40.480	5.080
	40	366.400	35.400	39.320	3.920

付表－4.14　管路部～シュート部作用圧力分布⑥（比較案B２，H＝O.P.67.1m，Q＝745.871㎥/s）

放流量　Q=745.871m³/s
貯水位　OP.67.1m（発電最低水位）
ゲート開度：G=4.8m（全開）

下　隅 (左岸)	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部 (トランジション区間)	1	332.800	34.582	62.840	28.258
	2	333.600	34.464	62.960	28.496
	3	334.400	34.347	63.160	28.813
	4	335.200	34.230	63.280	29.050
	5	336.000	34.113	63.400	29.287
	6	336.800	33.996	63.440	29.444
	7	337.600	33.879	63.520	29.641
	8	338.400	33.762	63.560	29.798
	9	339.200	33.644	63.600	29.956
	10	340.000	33.527	63.600	30.073
	11	340.800	33.410	63.600	30.190
	12	341.600	33.293	63.600	30.307
	13	342.400	33.176	63.560	30.384
	14	344.400	33.000	63.000	30.000
	15	345.200	33.000	62.360	29.360
	16	346.000	33.000	61.600	28.600
	17	346.800	33.000	60.680	27.680
	18	347.600	33.000	59.600	26.600
	19	348.400	33.000	58.440	25.440
	20	349.200	33.000	57.200	24.200
放流管部	21	350.800	33.000	55.280	22.280
	22	351.600	33.000	54.560	21.560
	23	352.400	33.000	53.880	20.880
	24	353.200	33.000	53.200	20.200
	25	354.000	33.000	52.400	19.400
	26	354.800	33.000	51.680	18.680
	27	355.600	33.000	50.960	17.960
	28	356.400	33.000	50.280	17.280
	29	357.200	33.000	49.680	16.680
	30	358.000	33.000	49.080	16.080
	31	358.800	33.000	48.320	15.320
	32	360.800	33.000	46.200	13.200
	33	361.600	33.000	45.120	12.120
	34	362.400	33.000	44.520	11.520
	35	363.200	33.000	43.840	10.840
	36	364.000	33.000	42.840	9.840
	37	364.800	33.000	41.880	8.880
	38	365.600	33.000	41.280	8.280
	39	366.400	33.000	40.400	7.400
	40	367.200	33.000	39.840	6.840
	41	368.000	33.000	39.200	6.200
	42	368.800	33.000	38.400	5.400
	43	369.600	33.000	38.000	5.000

下　隅 (右岸)	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部 (トランジション区間)	1	332.800	34.582	62.800	28.218
	2	333.600	34.464	62.960	28.496
	3	334.400	34.347	63.080	28.733
	4	335.200	34.230	63.160	28.930
	5	336.000	34.113	63.200	29.087
	6	336.800	33.996	63.280	29.284
	7	337.600	33.879	63.320	29.441
	8	338.400	33.762	63.320	29.558
	9	339.200	33.644	63.320	29.676
	10	340.000	33.527	63.320	29.793
	11	340.800	33.410	63.320	29.910
	12	341.600	33.293	63.280	29.987
	13	342.400	33.176	63.200	30.024
	14	344.400	33.000	62.560	29.560
	15	345.200	33.000	61.880	28.880
	16	346.000	33.000	61.080	28.080
	17	346.800	33.000	60.160	27.160
	18	347.600	33.000	59.040	26.040
	19	348.400	33.000	57.800	24.800
	20	349.200	33.000	56.480	23.480
放流管部	21	350.800	33.000	54.760	21.760
	22	351.600	33.000	54.040	21.040
	23	352.400	33.000	53.360	20.360
	24	353.200	33.000	52.560	19.560
	25	354.000	33.000	51.960	18.960
	26	354.800	33.000	51.240	18.240
	27	355.600	33.000	50.440	17.440
	28	356.400	33.000	49.840	16.840
	29	357.200	33.000	49.280	16.280
	30	358.000	33.000	48.680	15.680
	31	358.800	33.000	48.120	15.120
	32	360.800	33.000	46.120	13.120
	33	361.600	33.000	45.040	12.040
	34	362.400	33.000	44.240	11.240
	35	363.200	33.000	43.520	10.520
	36	364.000	33.000	42.720	9.720
	37	364.800	33.000	42.000	9.000
	38	365.600	33.000	41.360	8.360
	39	366.400	33.000	40.600	7.600
	40	367.200	33.000	39.880	6.880
	41	368.000	33.000	39.200	6.200
	42	368.800	33.000	38.480	5.480
	43	369.600	33.000	37.720	4.720

付表－4.15　管路部～シュート部作用圧力分布⑦（比較案B２，H＝O.P.67.1m，Q＝745.871㎥/s）

放流量　Q=745.871m³/s
貯水位　OP.67.1m（発電最低水位）
ゲート開度：G=4.8m（全開）

下　面	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部	1	332.800	33.000	63.040	30.040
(トランジシ	2	333.600	33.000	63.120	30.120
ョン区間)	3	334.400	33.000	63.200	30.200
	4	335.200	33.000	63.280	30.280
	5	336.000	33.000	63.360	30.360
	6	336.800	33.000	63.400	30.400
	7	337.600	33.000	63.480	30.480
	8	338.400	33.000	63.560	30.560
	9	339.200	33.000	63.600	30.600
	10	340.000	33.000	63.640	30.640
	11	340.800	33.000	63.760	30.760
	12	341.600	33.000	63.880	30.880
	13	342.400	33.000	63.960	30.960
	14	344.400	33.000	64.600	31.600
(中央分離壁	15	345.200	33.040	63.600	30.560
沿い)	16	345.459	33.040	62.920	29.880
	17	346.166	33.040	59.400	26.360
	18	347.377	33.040	57.200	24.160
	19	348.668	33.040	54.600	21.560
放流管部	20	350.800	33.000	55.480	22.480
左岸	21	351.600	33.000	54.680	21.680
	22	352.400	33.000	54.000	21.000
	23	353.200	33.000	53.240	20.240
	24	354.000	33.000	52.360	19.360
	25	354.800	33.000	51.640	18.640
	26	355.600	33.000	50.880	17.880
	27	356.400	33.000	50.000	17.000
	28	357.200	33.000	49.440	16.440
	29	358.000	33.000	48.760	15.760
	30	358.800	33.000	48.000	15.000
	31	360.800	33.000	45.880	12.880
	32	361.600	33.000	45.120	12.120
	33	362.400	33.000	44.480	11.480
	34	363.200	33.000	43.840	10.840
	35	364.000	33.000	43.000	10.000
	36	364.800	33.000	42.160	9.160
	37	365.600	33.000	41.640	8.640
	38	366.400	33.000	40.680	7.680
	39	367.200	33.000	39.680	6.680
	40	368.000	33.000	39.080	6.080
	41	368.800	33.000	38.360	5.360
	42	369.600	33.000	37.480	4.480

下　面	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
放流管部	47	350.800	33.000	54.640	21.640
右岸	48	351.600	33.000	54.080	21.080
	49	352.400	33.000	53.320	20.320
	50	353.200	33.000	52.600	19.600
	51	354.000	33.000	51.800	18.800
	52	354.800	33.000	51.000	18.000
	53	355.600	33.000	50.240	17.240
	54	356.400	33.000	49.640	16.640
	55	357.200	33.000	49.000	16.000
	56	358.000	33.000	48.240	15.240
	57	358.800	33.000	47.600	14.600
	58	360.800	33.000	45.800	12.800
	59	361.600	33.000	44.880	11.880
	60	362.400	33.000	44.080	11.080
	61	363.200	33.000	43.640	10.640
	62	364.000	33.000	42.720	9.720
	63	364.800	33.000	41.680	8.680
	64	365.600	33.000	41.040	8.040
	65	366.400	33.000	40.320	7.320
	66	367.200	33.000	39.440	6.440
	67	368.000	33.000	39.080	6.080
	68	368.800	33.000	38.120	5.120
	69	369.600	33.000	37.800	4.800
シュート部	70	372.000	32.973	35.480	2.507
左岸	71	374.000	32.891	34.760	1.869
	72	376.000	32.756	34.160	1.404
	73	378.000	32.566	33.840	1.274
	74	380.000	32.322	33.400	1.078
	75	382.000	32.023	33.200	1.177
	76	384.000	31.671	32.960	1.289
シュート部	77	372.000	32.973	35.680	2.707
右岸	78	374.000	32.891	34.600	1.709
	79	376.000	32.756	34.200	1.444
	80	378.000	32.566	34.000	1.434
	81	380.000	32.322	33.520	1.198
	82	382.000	32.023	33.320	1.297
	83	384.000	31.671	32.960	1.289

付表－4.16　管路部～シュート部作用圧力分布①（比較案B２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）

放流量　Q=863m³/s

貯水位　OP.78.5m（サーチャージ水位）

ゲート開度：G=4.8m（全開）

上面	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
直線部	1	3.791	55.474	74.360	18.886
	2	11.791	55.209	74.360	19.151
	3	19.791	54.944	74.280	19.336
	4	27.581	54.686	74.280	19.594
	5	35.581	54.421	74.200	19.779
	6	43.581	54.156	74.200	20.044
	7	51.581	53.891	74.120	20.229
	8	59.581	53.626	74.080	20.454
	9	67.581	53.361	74.040	20.679
	10	75.581	53.096	74.000	20.904
	11	83.581	52.831	73.960	21.129
	12	91.581	52.566	73.920	21.354
	13	99.581	52.301	73.840	21.539
	14	107.581	52.036	73.840	21.804
	15	115.581	51.771	73.800	22.029
	16	123.581	51.505	73.760	22.255
	17	131.581	51.240	73.680	22.440
	18	139.581	50.975	73.680	22.705
	19	147.581	50.710	73.600	22.890
	20	155.581	50.445	73.560	23.115
	21	163.581	50.180	73.520	23.340
	22	171.581	49.915	73.440	23.525
	23	179.581	49.650	73.400	23.750
湾曲部	24	188.817	49.344	73.440	24.096
	25	193.006	49.205	73.440	24.235
	26	197.195	49.066	73.400	24.334
	27	201.383	48.928	73.320	24.392
	28	205.572	48.789	73.360	24.571
	29	209.761	48.650	73.280	24.630
	30	213.950	48.511	73.320	24.809
	31	224.422	48.164	73.240	25.076
	32	228.611	48.026	73.240	25.214
	33	232.799	47.887	73.200	25.313
	34	236.988	47.748	73.160	25.412
	35	241.177	47.609	73.120	25.511
	36	245.366	47.470	73.080	25.610
	37	249.554	47.332	73.120	25.788
	38	260.026	46.985	73.080	26.095
	39	264.215	46.846	73.080	26.234
	40	268.404	46.707	73.000	26.293
	41	272.593	46.568	73.000	26.432
	42	276.782	46.430	73.000	26.570
	43	280.970	46.291	73.080	26.789
	44	285.159	46.152	73.080	26.928
	45	295.631	45.805	73.000	27.195
	46	299.820	45.666	72.960	27.294
	47	304.009	45.527	72.880	27.353
	48	308.198	45.389	72.880	27.491
	49	312.386	45.250	72.840	27.590
	50	316.575	45.111	72.720	27.609
	51	320.764	44.972	72.680	27.708
整流部	52	329.000	44.699	72.560	27.861

下面	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
直線部	1	3.791	43.874	74.440	30.566
	2	11.791	43.609	74.320	30.711
	3	19.791	43.344	74.240	30.896
	4	27.581	43.086	74.200	31.114
	5	35.581	42.821	74.160	31.339
	6	43.581	42.556	74.120	31.564
	7	51.581	42.291	74.080	31.789
	8	59.581	42.026	74.000	31.974
	9	67.581	41.761	73.960	32.199
	10	75.581	41.496	73.920	32.424
	11	83.581	41.231	73.880	32.649
	12	91.581	40.966	73.840	32.874
	13	99.581	40.701	73.800	33.099
	14	107.581	40.436	73.760	33.324
	15	115.581	40.171	73.720	33.549
	16	123.581	39.905	73.640	33.735
	17	131.581	39.640	73.640	34.000
	18	139.581	39.375	73.600	34.225
	19	147.581	39.110	73.480	34.370
	20	155.581	38.845	73.440	34.595
	21	163.581	38.580	73.440	34.860
	22	171.581	38.315	73.360	35.045
	23	179.581	38.050	73.360	35.310
湾曲部	24	188.817	37.744	73.360	35.616
	25	193.006	37.605	73.320	35.715
	26	197.195	37.466	73.280	35.814
	27	201.383	37.328	73.280	35.952
	28	205.572	37.189	73.280	36.091
	29	209.761	37.050	73.240	36.190
	30	213.950	36.911	73.240	36.329
	31	224.422	36.564	73.160	36.596
	32	228.611	36.426	73.120	36.694
	33	232.799	36.287	73.120	36.833
	34	236.988	36.148	73.120	36.972
	35	241.177	36.009	73.080	37.071
	36	245.366	35.870	73.080	37.210
	37	249.554	35.732	73.040	37.308
	38	260.026	35.385	73.000	37.615
	39	264.215	35.246	72.960	37.714
	40	268.404	35.107	72.960	37.853
	41	272.593	34.968	72.960	37.992
	42	276.782	34.830	72.960	38.130
	43	280.970	34.691	73.040	38.349
	44	285.159	34.552	73.040	38.488
	45	295.631	34.205	72.880	38.675
	46	299.820	34.066	72.800	38.734
	47	304.009	33.927	72.800	38.873
	48	308.198	33.789	72.800	39.011
	49	312.386	33.650	72.720	39.070
	50	316.575	33.511	72.720	39.209
	51	320.764	33.372	72.600	39.228
整流部	52	329.000	33.099	72.560	39.461

付表－4.17　管路部～シュート部作用圧力分布②（比較案B２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）

放流量　Q=863m³/s

貯水位　OP.78.5m（サーチャージ水位）

ゲート開度：G=4.8m（全開）

側面 (左岸)	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
直線部	1	3.791	49.674	74.440	24.766
	2	11.791	49.409	74.320	24.911
	3	19.791	49.144	74.240	25.096
	4	27.581	48.886	74.200	25.314
	5	35.581	48.621	74.160	25.539
	6	43.581	48.356	74.120	25.764
	7	51.581	48.091	74.080	25.989
	8	59.581	47.826	74.000	26.174
	9	67.581	47.561	73.960	26.399
	10	75.581	47.296	73.920	26.624
	11	83.581	47.031	73.880	26.849
	12	91.581	46.766	73.840	27.074
	13	99.581	46.501	73.800	27.299
	14	107.581	46.236	73.760	27.524
	15	115.581	45.971	73.720	27.749
	16	123.581	45.705	73.640	27.935
	17	131.581	45.440	73.640	28.200
	18	139.581	45.175	73.600	28.425
	19	147.581	44.910	73.480	28.570
	20	155.581	44.645	73.440	28.795
	21	163.581	44.380	73.440	29.060
	22	171.581	44.115	73.400	29.285
	23	179.581	43.850	73.440	29.590
湾曲部	24	188.817	43.544	73.680	30.136
	25	193.006	43.405	73.720	30.315
	26	197.195	43.266	73.720	30.454
	27	201.383	43.128	73.640	30.512
	28	205.572	42.989	73.640	30.651
	29	209.761	42.850	73.640	30.790
	30	213.950	42.711	73.640	30.929
	31	224.422	42.364	73.600	31.236
	32	228.611	42.226	73.560	31.334
	33	232.799	42.087	73.560	31.473
	34	236.988	41.948	73.520	31.572
	35	241.177	41.809	73.480	31.671
	36	245.366	41.670	73.520	31.850
	37	249.554	41.532	73.440	31.908
	38	260.026	41.185	73.400	32.215
	39	264.215	41.046	73.400	32.354
	40	268.404	40.907	73.440	32.533
	41	272.593	40.768	73.360	32.592
	42	276.782	40.630	73.400	32.770
	43	280.970	40.491	73.480	32.989
	44	285.159	40.352	73.440	33.088
	45	295.631	40.005	73.320	33.315
	46	299.820	39.866	73.280	33.414
	47	304.009	39.727	73.200	33.473
	48	308.198	39.589	73.200	33.611
	49	312.386	39.450	73.160	33.710
	50	316.575	39.311	73.120	33.809
	51	320.764	39.172	73.000	33.828
整流部	52	329.000	38.899	72.520	33.621

側面 (右岸)	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
直線部	1	3.791	49.674	74.360	24.686
	2	11.791	49.409	74.360	24.951
	3	19.791	49.144	74.280	25.136
	4	27.581	48.886	74.280	25.394
	5	35.581	48.621	74.200	25.579
	6	43.581	48.356	74.200	25.844
	7	51.581	48.091	74.120	26.029
	8	59.581	47.826	74.080	26.254
	9	67.581	47.561	74.040	26.479
	10	75.581	47.296	74.000	26.704
	11	83.581	47.031	73.960	26.929
	12	91.581	46.766	73.920	27.154
	13	99.581	46.501	73.840	27.339
	14	107.581	46.236	73.840	27.604
	15	115.581	45.971	73.800	27.829
	16	123.581	45.705	73.760	28.055
	17	131.581	45.440	73.680	28.240
	18	139.581	45.175	73.680	28.505
	19	147.581	44.910	73.600	28.690
	20	155.581	44.645	73.560	28.915
	21	163.581	44.380	73.520	29.140
	22	171.581	44.115	73.440	29.325
	23	179.581	43.850	73.400	29.550
湾曲部	24	188.817	43.544	73.160	29.616
	25	193.006	43.405	73.120	29.715
	26	197.195	43.266	73.000	29.734
	27	201.383	43.128	73.000	29.872
	28	205.572	42.989	73.000	30.011
	29	209.761	42.850	73.040	30.190
	30	213.950	42.711	73.000	30.289
	31	224.422	42.364	72.960	30.596
	32	228.611	42.226	72.960	30.734
	33	232.799	42.087	72.880	30.793
	34	236.988	41.948	72.840	30.892
	35	241.177	41.809	72.880	31.071
	36	245.366	41.670	72.880	31.210
	37	249.554	41.532	72.880	31.348
	38	260.026	41.185	72.800	31.615
	39	264.215	41.046	72.800	31.754
	40	268.404	40.907	72.720	31.813
	41	272.593	40.768	72.720	31.952
	42	276.782	40.630	72.760	32.130
	43	280.970	40.491	72.840	32.349
	44	285.159	40.352	72.800	32.448
	45	295.631	40.005	72.760	32.755
	46	299.820	39.866	72.720	32.854
	47	304.009	39.727	72.560	32.833
	48	308.198	39.589	72.600	33.011
	49	312.386	39.450	72.520	33.070
	50	316.575	39.311	72.520	33.209
	51	320.764	39.172	72.480	33.308
整流部	52	329.000	38.899	72.560	33.661

付表－4.18　管路部～シュート部作用圧力分布③（比較案B２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）

放流量　Q=863m³/s
貯水位　OP.78.5m（サーチャージ水位）
ゲート開度：G=4.8m（全開）

上　面	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部	1	332.800	44.600	72.760	28.160
(トランジシ	2	333.600	44.600	72.960	28.360
ョン区間)	3	334.400	44.600	73.160	28.560
	4	335.200	44.600	73.320	28.720
	5	336.000	44.600	73.480	28.880
	6	336.800	44.600	73.600	29.000
	7	337.600	44.600	73.680	29.080
	8	338.400	44.600	73.880	29.280
	9	339.200	44.600	74.000	29.400
	10	340.000	44.600	74.160	29.560
	11	340.800	44.600	74.320	29.720
	12	341.600	44.600	74.480	29.880
	13	342.400	44.600	74.680	30.080
	14	344.400	44.600	74.880	30.280
(中央分離壁	15	345.200	44.200	74.880	30.680
沿い)	16	345.459	44.200	75.600	31.400
	17	346.166	44.200	75.040	30.840
	18	347.377	44.200	72.600	28.400
	19	348.668	44.200	73.240	29.040
放流管部	20	350.000	42.667	74.400	31.733
左岸	21	350.800	40.880	62.640	21.760
	22	351.600	40.223	57.920	17.697
	23	352.400	39.777	55.040	15.263
	24	353.200	39.455	53.360	13.905
	25	354.000	39.221	51.920	12.699
	26	354.800	39.058	50.960	11.902
	27	355.600	38.956	50.520	11.564
	28	356.400	38.912	50.680	11.768
	29	357.200	38.850	51.000	12.150
	30	358.000	38.764	51.000	12.236
	31	358.800	38.678	50.320	11.642
	32	360.800	38.463	49.680	11.217
	33	361.600	38.377	48.680	10.303
	34	362.400	38.291	47.360	9.069
	35	363.200	38.205	46.240	8.035
	36	364.000	38.119	45.240	7.121
	37	364.800	38.033	43.960	5.927
	38	365.600	37.947	42.600	4.653

上　面	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
放流管部	43	350.000	42.667	73.320	30.653
右岸	44	350.800	40.880	60.920	20.040
	45	351.600	40.223	56.960	16.737
	46	352.400	39.777	54.000	14.223
	47	353.200	39.455	52.800	13.345
	48	354.000	39.221	51.600	12.379
	49	354.800	39.058	50.720	11.662
	50	355.600	38.956	50.000	11.044
	51	356.400	38.912	49.920	11.008
	52	357.200	38.850	50.400	11.550
	53	358.000	38.764	50.400	11.636
	54	358.800	38.678	50.360	11.682
	55	360.800	38.463	48.600	10.137
	56	361.600	38.377	48.160	9.783
	57	362.400	38.291	46.600	8.309
	58	363.200	38.205	45.760	7.555
	59	364.000	38.119	44.800	6.681
	60	364.800	38.033	43.480	5.447
	61	365.600	37.947	42.480	4.533

付表－4.19　管路部～シュート部作用圧力分布④（比較案B２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）

放流量　Q=863m³/s
貯水位　OP.78.5m（サーチャージ水位）
ゲート開度：G=4.8m（全開）

上　隔 (左岸)	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部 (トランジション区間)	1	332.800	43.018	72.520	29.502
	2	333.600	43.136	72.880	29.744
	3	334.400	43.253	73.120	29.867
	4	335.200	43.370	73.360	29.990
	5	336.000	43.487	73.520	30.033
	6	336.800	43.604	73.680	30.076
	7	337.600	43.721	73.880	30.159
	8	338.400	43.838	73.960	30.122
	9	339.200	43.956	74.120	30.164
	10	340.000	44.073	74.200	30.127
	11	340.800	44.190	74.360	30.170
	12	341.600	44.307	74.440	30.133
	13	342.400	44.424	74.520	30.096
	14	344.400	44.600	74.640	30.040
	15	345.200	44.200	74.640	30.440
	16	346.000	44.200	74.640	30.440
	17	346.800	44.200	74.720	30.520
	18	347.600	44.200	74.920	30.720
	19	348.400	44.200	75.080	30.880
	20	349.200	44.200	75.280	31.080
放流管部	21	350.000	42.667	74.120	31.453
	22	350.800	40.880	62.720	21.840
	23	351.600	40.223	58.920	18.697
	24	352.400	39.777	55.520	15.743
	25	353.200	39.455	54.240	14.785
	26	354.000	39.221	52.680	13.459
	27	354.800	39.058	51.680	12.622
	28	355.600	38.956	50.840	11.884
	29	356.400	38.912	51.040	12.128
	30	357.200	38.850	50.640	11.790
	31	358.000	38.764	50.880	12.116
	32	358.800	38.678	50.160	11.482
	33	360.800	38.463	50.240	11.777
	34	361.600	38.377	48.440	10.063
	35	362.400	38.291	47.200	8.909
	36	363.200	38.205	46.160	7.955
	37	364.000	38.119	44.920	6.801
	38	364.800	38.033	43.600	5.567
	39	365.600	37.947	42.320	4.373
	40	366.400	37.861	40.080	2.219

上　隔 (右岸)	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部 (トランジション区間)	1	332.800	43.018	72.600	29.582
	2	333.600	43.136	72.840	29.704
	3	334.400	43.253	73.080	29.827
	4	335.200	43.370	73.160	29.790
	5	336.000	43.487	73.280	29.793
	6	336.800	43.604	73.400	29.796
	7	337.600	43.721	73.440	29.719
	8	338.400	43.838	73.520	29.682
	9	339.200	43.956	73.560	29.604
	10	340.000	44.073	73.680	29.607
	11	340.800	44.190	73.720	29.530
	12	341.600	44.307	73.800	29.493
	13	342.400	44.424	73.840	29.416
	14	344.400	44.600	74.000	29.400
	15	345.200	44.200	74.000	29.800
	16	346.000	44.200	74.000	29.800
	17	346.800	44.200	74.120	29.920
	18	347.600	44.200	74.360	30.160
	19	348.400	44.200	74.640	30.440
	20	349.200	44.200	74.800	30.600
放流管部	21	350.000	42.667	73.600	30.933
	22	350.800	40.880	61.320	20.440
	23	351.600	40.223	58.000	17.777
	24	352.400	39.777	55.000	15.223
	25	353.200	39.455	53.600	14.145
	26	354.000	39.221	52.080	12.859
	27	354.800	39.058	51.360	12.302
	28	355.600	38.956	50.400	11.444
	29	356.400	38.912	50.480	11.568
	30	357.200	38.850	51.000	12.150
	31	358.000	38.764	50.600	11.836
	32	358.800	38.678	49.880	11.202
	33	360.800	38.463	49.360	10.897
	34	361.600	38.377	47.840	9.463
	35	362.400	38.291	46.880	8.589
	36	363.200	38.205	45.840	7.635
	37	364.000	38.119	44.600	6.481
	38	364.800	38.033	43.440	5.407
	39	365.600	37.947	42.040	4.093

付表－4.20　管路部～シュート部作用圧力分布⑤（比較案B２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）

放流量　Q=863m³/s
貯水位　OP.78.5m（サーチャージ水位）
ゲート開度：G=4.8m（全開）

側面（左岸）	ピエゾNo.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部（トランジション区間）	1	332.800	38.800	72.720	33.920
	2	333.600	38.800	72.920	34.120
	3	334.400	38.800	73.120	34.320
	4	335.200	38.800	73.320	34.520
	5	336.000	38.800	73.440	34.640
	6	336.800	38.800	73.560	34.760
	7	337.600	38.800	73.680	34.880
	8	338.400	38.800	73.760	34.960
	9	339.200	38.800	73.800	35.000
	10	340.000	38.800	73.880	35.080
	11	340.800	38.800	73.920	35.120
	12	341.600	38.800	73.920	35.120
	13	342.400	38.800	73.840	35.040
	14	344.400	38.800	73.280	34.480
	15	345.200	38.800	72.800	34.000
	16	346.000	38.800	72.280	33.480
	17	346.800	38.800	71.480	32.680
	18	347.600	38.800	70.480	31.680
	19	348.400	38.800	69.280	30.480
	20	349.200	38.800	67.600	28.800
放流管部	21	350.800	35.400	62.600	27.200
	22	351.600	35.400	61.520	26.120
	23	352.400	35.400	60.280	24.880
	24	353.200	35.400	59.120	23.720
	25	354.000	35.400	57.840	22.440
	26	354.800	35.400	56.520	21.120
	27	355.600	35.400	55.560	20.160
	28	356.400	35.400	54.520	19.120
	29	357.200	35.400	53.520	18.120
	30	358.000	35.400	52.520	17.120
	31	358.800	35.400	51.640	16.240
	32	360.800	35.400	49.600	14.200
	33	361.600	35.400	47.840	12.440
	34	362.400	35.400	47.160	11.760
	35	363.200	35.400	45.880	10.480
	36	364.000	35.400	44.480	9.080
	37	364.800	35.400	43.720	8.320
	38	365.600	35.400	42.480	7.080
	39	366.400	35.400	41.320	5.920
	40	367.200	35.400	40.240	4.840

側面（右岸）	ピエゾNo.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部（トランジション区間）	1	332.800	38.800	72.800	34.000
	2	333.600	38.800	72.960	34.160
	3	334.400	38.800	73.080	34.280
	4	335.200	38.800	73.160	34.360
	5	336.000	38.800	73.240	34.440
	6	336.800	38.800	73.320	34.520
	7	337.600	38.800	73.360	34.560
	8	338.400	38.800	73.400	34.600
	9	339.200	38.800	73.400	34.600
	10	340.000	38.800	73.400	34.600
	11	340.800	38.800	73.440	34.640
	12	341.600	38.800	73.400	34.600
	13	342.400	38.800	73.320	34.520
	14	344.400	38.800	72.680	33.880
	15	345.200	38.800	72.200	33.400
	16	346.000	38.800	71.600	32.800
	17	346.800	38.800	70.760	31.960
	18	347.600	38.800	69.720	30.920
	19	348.400	38.800	68.240	29.440
	20	349.200	38.800	66.680	27.880
放流管部	21	350.000	35.400	61.960	26.560
	22	350.800	35.400	60.840	25.440
	23	351.600	35.400	59.600	24.200
	24	352.400	35.400	58.440	23.040
	25	353.200	35.400	57.240	21.840
	26	354.000	35.400	56.200	20.800
	27	354.800	35.400	55.080	19.680
	28	355.600	35.400	54.080	18.680
	29	356.400	35.400	53.080	17.680
	30	357.200	35.400	52.320	16.920
	31	358.000	35.400	51.360	15.960
	32	358.800	35.400	49.280	13.880
	33	360.800	35.400	47.480	12.080
	34	361.600	35.400	46.800	11.400
	35	362.400	35.400	45.880	10.480
	36	363.200	35.400	44.600	9.200
	37	364.000	35.400	43.360	7.960
	38	364.800	35.400	42.120	6.720
	39	365.600	35.400	41.600	6.200
	40	366.400	35.400	39.840	4.440

付表－4.21　管路部～シュート部作用圧力分布⑥（比較案B２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）

放流量　Q=863m³/s
貯水位　OP.78.5m（サーチャージ水位）
ゲート開度：G=4.8m（全開）

下　隔（左岸）	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部	1	332.800	34.582	72.720	38.138
(トランジシ	2	333.600	34.464	72.920	38.456
ョン区間)	3	334.400	34.347	73.160	38.813
	4	335.200	34.230	73.320	39.090
	5	336.000	34.113	73.440	39.327
	6	336.800	33.996	73.520	39.524
	7	337.600	33.879	73.680	39.801
	8	338.400	33.762	73.720	39.958
	9	339.200	33.644	73.760	40.116
	10	340.000	33.527	73.760	40.233
	11	340.800	33.410	73.760	40.350
	12	341.600	33.293	73.760	40.467
	13	342.400	33.176	73.720	40.544
	14	344.400	33.000	72.920	39.920
	15	345.200	33.000	72.040	39.040
	16	346.000	33.000	71.000	38.000
	17	346.800	33.000	69.720	36.720
	18	347.600	33.000	68.240	35.240
	19	348.400	33.000	66.640	33.640
	20	349.200	33.000	64.920	31.920
放流管部	21	350.800	33.000	62.160	29.160
	22	351.600	33.000	61.280	28.280
	23	352.400	33.000	60.280	27.280
	24	353.200	33.000	59.360	26.360
	25	354.000	33.000	58.160	25.160
	26	354.800	33.000	57.080	24.080
	27	355.600	33.000	56.080	23.080
	28	356.400	33.000	55.200	22.200
	29	357.200	33.000	54.360	21.360
	30	358.000	33.000	53.560	20.560
	31	358.800	33.000	52.520	19.520
	32	360.800	33.000	49.520	16.520
	33	361.600	33.000	48.000	15.000
	34	362.400	33.000	47.160	14.160
	35	363.200	33.000	46.160	13.160
	36	364.000	33.000	44.760	11.760
	37	364.800	33.000	43.400	10.400
	38	365.600	33.000	42.600	9.600
	39	366.400	33.000	41.440	8.440
	40	367.200	33.000	40.520	7.520
	41	368.000	33.000	39.760	6.760
	42	368.800	33.000	38.680	5.680
	43	369.600	33.000	38.160	5.160

下　隔（右岸）	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部	1	332.800	34.582	72.680	38.098
(トランジシ	2	333.600	34.464	72.840	38.376
ョン区間)	3	334.400	34.347	73.040	38.693
	4	335.200	34.230	73.200	38.970
	5	336.000	34.113	73.240	39.127
	6	336.800	33.996	73.320	39.324
	7	337.600	33.879	73.360	39.481
	8	338.400	33.762	73.400	39.638
	9	339.200	33.644	73.400	39.756
	10	340.000	33.527	73.400	39.873
	11	340.800	33.410	73.360	39.950
	12	341.600	33.293	73.280	39.987
	13	342.400	33.176	73.200	40.024
	14	344.400	33.000	72.280	39.280
	15	345.200	33.000	71.400	38.400
	16	346.000	33.000	70.240	37.240
	17	346.800	33.000	68.960	35.960
	18	347.600	33.000	67.440	34.440
	19	348.400	33.000	65.720	32.720
	20	349.200	33.000	63.880	30.880
放流管部	21	350.800	33.000	61.440	28.440
	22	351.600	33.000	60.400	27.400
	23	352.400	33.000	59.440	26.440
	24	353.200	33.000	58.360	25.360
	25	354.000	33.000	57.480	24.480
	26	354.800	33.000	56.520	23.520
	27	355.600	33.000	55.400	22.400
	28	356.400	33.000	54.560	21.560
	29	357.200	33.000	53.760	20.760
	30	358.000	33.000	53.000	20.000
	31	358.800	33.000	52.200	19.200
	32	360.800	33.000	49.480	16.480
	33	361.600	33.000	48.000	15.000
	34	362.400	33.000	46.800	13.800
	35	363.200	33.000	45.800	12.800
	36	364.000	33.000	44.640	11.640
	37	364.800	33.000	43.680	10.680
	38	365.600	33.000	42.800	9.800
	39	366.400	33.000	41.680	8.680
	40	367.200	33.000	40.720	7.720
	41	368.000	33.000	39.720	6.720
	42	368.800	33.000	38.720	5.720
	43	369.600	33.000	37.640	4.640

付表－4.22　管路部～シュート部作用圧力分布⑦（比較案B２，H＝O.P.78.5m，Q＝863㎥/s）

放流量　Q=863m³/s
貯水位　OP.78.5m（サーチャージ水位）
ゲート開度：G=4.8m（全開）

下　面	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
拡幅部	1	332.800	33.000	73.000	40.000
(トランジシ	2	333.600	33.000	73.120	40.120
ョン区間)	3	334.400	33.000	73.200	40.200
	4	335.200	33.000	73.320	40.320
	5	336.000	33.000	73.400	40.400
	6	336.800	33.000	73.520	40.520
	7	337.600	33.000	73.600	40.600
	8	338.400	33.000	73.720	40.720
	9	339.200	33.000	73.800	40.800
	10	340.000	33.000	73.840	40.840
	11	340.800	33.000	74.000	41.000
	12	341.600	33.000	74.120	41.120
	13	342.400	33.000	74.360	41.360
	14	344.400	33.000	75.320	42.320
(中央分離壁	15	345.200	33.040	75.400	42.360
沿い)	16	345.459	33.040	72.880	39.840
	17	346.166	33.040	67.800	34.760
	18	347.377	33.040	64.800	31.760
	19	348.668	33.040	61.360	28.320
放流管部	20	350.800	33.000	62.320	29.320
左岸	21	351.600	33.000	61.200	28.200
	22	352.400	33.000	60.320	27.320
	23	353.200	33.000	59.200	26.200
	24	354.000	33.000	58.000	25.000
	25	354.800	33.000	57.080	24.080
	26	355.600	33.000	55.920	22.920
	27	356.400	33.000	54.720	21.720
	28	357.200	33.000	53.960	20.960
	29	358.000	33.000	52.960	19.960
	30	358.800	33.000	51.880	18.880
	31	360.800	33.000	48.920	15.920
	32	361.600	33.000	47.880	14.880
	33	362.400	33.000	47.000	14.000
	34	363.200	33.000	46.160	13.160
	35	364.000	33.000	44.960	11.960
	36	364.800	33.000	43.800	10.800
	37	365.600	33.000	43.120	10.120
	38	366.400	33.000	41.720	8.720
	39	367.200	33.000	40.320	7.320
	40	368.000	33.000	39.520	6.520
	41	368.800	33.000	38.560	5.560
	42	369.600	33.000	37.440	4.440

下　面	ピエゾ No.	ピエゾ位置 水平距離 (m)	ピエゾ位置 標　高 (OP.m)	作用圧力 圧力標高 (OP.m)	作用圧力 圧力水頭 (m)
放流管部	47	350.800	33.000	61.280	28.280
右岸	48	351.600	33.000	60.440	27.440
	49	352.400	33.000	59.400	26.400
	50	353.200	33.000	58.360	25.360
	51	354.000	33.000	57.320	24.320
	52	354.800	33.000	56.200	23.200
	53	355.600	33.000	55.000	22.000
	54	356.400	33.000	54.200	21.200
	55	357.200	33.000	53.360	20.360
	56	358.000	33.000	52.360	19.360
	57	358.800	33.000	51.400	18.400
	58	360.800	33.000	49.560	16.560
	59	361.600	33.000	47.600	14.600
	60	362.400	33.000	46.480	13.480
	61	363.200	33.000	45.680	12.680
	62	364.000	33.000	44.480	11.480
	63	364.800	33.000	43.080	10.080
	64	365.600	33.000	42.280	9.280
	65	366.400	33.000	41.280	8.280
	66	367.200	33.000	40.120	7.120
	67	368.000	33.000	39.600	6.600
	68	368.800	33.000	38.320	5.320
	69	369.600	33.000	37.800	4.800
シュート部	70	372.000	32.973	34.680	1.707
左岸	71	374.000	32.891	33.800	0.909
	72	376.000	32.756	33.080	0.324
	73	378.000	32.566	32.800	0.234
	74	380.000	32.322	32.440	0.118
	75	382.000	32.023	32.600	0.577
	76	384.000	31.671	32.720	1.049
シュート部	77	372.000	32.973	35.000	2.027
右岸	78	374.000	32.891	33.440	0.549
	79	376.000	32.756	33.040	0.284
	80	378.000	32.566	32.840	0.274
	81	380.000	32.322	32.520	0.198
	82	382.000	32.023	32.480	0.457
	83	384.000	31.671	32.560	0.889

付表－4.23　放流能力調査結果（模型A）①

2条放流-1

ゲート開度	貯水池水位	放流量 (m³/s)			貯水頭	流量係数			
G (m)	O.P. (m)	右岸側	左岸側	合計	H (m)	C	G/H	C²	流況形態
	78.524	431.353	436.329	867.682	45.524	0.8405	0.1054	0.7064	管路流
	75.380	413.909	419.643	833.552	42.380	0.8369	0.1133	0.7003	管路流
	72.300	399.433	403.785	803.218	39.300	0.8374	0.1221	0.7012	管路流
	69.108	385.278	389.132	774.410	36.108	0.8423	0.1329	0.7095	管路流
	65.976	367.830	374.412	742.242	32.976	0.8448	0.1456	0.7137	管路流
	63.140	353.217	358.861	712.078	30.140	0.8477	0.1593	0.7186	管路流
4.8	60.424	335.183	340.282	675.465	27.424	0.8430	0.1750	0.7107	管路流
(全開)	57.984	315.546	319.375	634.921	24.984	0.8302	0.1921	0.6892	管路流
	56.040	299.446	302.103	601.549	23.040	0.8191	0.2083	0.6709	遷移領域
	55.008	253.277	253.795	507.072	22.008	0.7064	0.2181	0.4991	遷移領域
	53.972	158.071	194.801	352.872	20.972	0.5036	0.2289	0.2536	遷移領域
	53.272	140.411	162.580	302.991	20.272	0.4398	0.2368	0.1934	開水路流
	52.608	118.550	115.166	233.716	19.608	0.3450	0.2448	0.1190	開水路流
	51.892	95.711	84.723	180.434	18.892	0.2713	0.2541	0.0736	開水路流
	51.000	59.090	49.762	108.852	18.000	0.1677	0.2667	0.0281	開水路流
	79.292	308.685	310.665	619.350	46.292	0.5950	0.0864	0.3540	管路流
	75.928	296.989	298.931	595.920	42.928	0.5945	0.0932	0.3534	管路流
	72.744	283.865	286.448	570.313	39.744	0.5913	0.1006	0.3496	管路流
	69.680	272.765	274.625	547.390	36.680	0.5907	0.1091	0.3489	管路流
	66.716	259.997	261.811	521.808	33.716	0.5873	0.1186	0.3450	管路流
4.0	63.620	246.042	247.805	493.847	30.620	0.5833	0.1306	0.3402	管路流
	60.572	232.559	233.364	465.923	27.572	0.5799	0.1451	0.3363	管路流
	57.908	217.222	218.582	435.804	24.908	0.5707	0.1606	0.3257	管路流
	56.324	208.383	209.997	418.380	23.324	0.5662	0.1715	0.3206	遷移領域
	54.376	169.981	170.427	340.408	21.376	0.4812	0.1871	0.2316	遷移領域
	52.912	100.331	121.742	222.073	19.912	0.3253	0.2009	0.1058	遷移領域
	78.408	234.370	235.178	469.548	45.408	0.4554	0.0705	0.2074	管路流
	75.244	225.400	226.491	451.891	42.244	0.4544	0.0758	0.2065	管路流
	72.156	216.933	217.137	434.070	39.156	0.4534	0.0817	0.2056	管路流
	69.180	208.383	208.586	416.969	36.180	0.4531	0.0884	0.2053	管路流
	65.868	198.127	197.000	395.127	32.868	0.4505	0.0974	0.2029	管路流
3.2	63.260	188.981	189.182	378.163	30.260	0.4493	0.1058	0.2019	管路流
	60.244	177.791	177.734	355.525	27.244	0.4452	0.1175	0.1982	管路流
	57.456	167.015	166.966	333.981	24.456	0.4414	0.1308	0.1948	管路流
	55.732	159.740	159.935	319.675	22.732	0.4382	0.1408	0.1920	遷移領域
	53.656	140.190	140.156	280.346	20.656	0.4032	0.1549	0.1625	遷移領域
	52.240	83.923	92.576	176.499	19.240	0.2630	0.1663	0.0692	遷移領域

付表－4.24　放流能力調査結果（模型A）②

2条放流-2

ゲート開度	貯水池水位	放流量 (m^3/s)			貯水頭	流量係数			
G (m)	O.P. (m)	右岸側	左岸側	合計	H (m)	C	G/H	C^2	流況形態
	79.108	179.584	178.245	357.829	46.108	0.3444	0.0521	0.1186	管路流
	75.680	171.976	171.923	343.899	42.680	0.3440	0.0562	0.1184	管路流
	72.920	166.279	165.740	332.019	39.920	0.3435	0.0601	0.1180	管路流
	69.792	159.262	158.503	317.765	36.792	0.3424	0.0652	0.1172	管路流
	66.968	152.662	151.925	304.587	33.968	0.3416	0.0707	0.1167	管路流
2.4	64.156	145.779	145.290	291.069	31.156	0.3408	0.0770	0.1162	管路流
	61.240	138.211	137.522	275.733	28.240	0.3391	0.0850	0.1150	管路流
	58.280	129.620	129.381	259.001	25.280	0.3367	0.0949	0.1134	管路流
	55.496	121.767	121.135	242.902	22.496	0.3347	0.1067	0.1120	遷移領域
	52.832	108.075	107.491	215.566	19.832	0.3164	0.1210	0.1001	遷移領域
	51.560	63.776	69.248	133.024	18.560	0.2018	0.1293	0.0407	遷移領域
	78.872	121.767	121.337	243.104	45.872	0.2346	0.0349	0.0550	管路流
	75.680	117.353	116.740	234.093	42.680	0.2342	0.0375	0.0548	管路流
	72.812	113.238	112.830	226.068	39.812	0.2342	0.0402	0.0548	管路流
	69.784	108.452	107.867	216.319	36.784	0.2331	0.0435	0.0543	管路流
	67.292	104.713	104.141	208.854	34.292	0.2331	0.0467	0.0543	管路流
1.6	64.084	99.253	98.880	198.133	31.084	0.2323	0.0515	0.0539	管路流
	60.808	93.451	93.092	186.543	27.808	0.2312	0.0575	0.0535	管路流
	57.496	87.361	87.184	174.545	24.496	0.2305	0.0653	0.0531	管路流
	55.376	83.116	82.945	166.061	22.376	0.2294	0.0715	0.0526	遷移領域
	53.456	79.155	78.679	157.834	20.456	0.2281	0.0782	0.0520	遷移領域
	50.856	45.965	46.867	92.832	17.856	0.1436	0.0896	0.0206	遷移領域
	79.044	62.415	61.736	124.151	46.044	0.1196	0.0174	0.0143	管路流
	75.668	59.878	59.479	119.357	42.668	0.1194	0.0187	0.0143	管路流
	71.900	57.148	56.632	113.780	38.900	0.1192	0.0206	0.0142	管路流
	68.636	54.494	54.365	108.859	35.636	0.1192	0.0224	0.0142	管路流
	65.532	52.036	51.791	103.827	32.532	0.1190	0.0246	0.0142	管路流
0.8	62.048	49.061	48.825	97.886	29.048	0.1187	0.0275	0.0141	管路流
	58.564	45.853	45.626	91.479	25.564	0.1183	0.0313	0.0140	管路流
	55.636	42.990	42.880	85.870	22.636	0.1180	0.0353	0.0139	管路流
	54.716	42.238	41.917	84.155	21.716	0.1180	0.0368	0.0139	遷移領域
	52.316	39.515	39.309	78.824	19.316	0.1172	0.0414	0.0137	遷移領域
	49.768	20.526	21.225	41.751	16.768	0.0666	0.0477	0.0044	遷移領域

付表－4.25　1条放流時における放流量の比較（模型A）

ゲート開度：G=4.8m（全開）

貯水位	左岸側ゲート 放流量(m^3/s)	右岸側ゲート 放流量(m^3/s)
OP.78.5m	442.316	443.932
OP.67.1m	374.972	375.377
OP.58.0m	321.215	320.654

G=4.0m

貯水位	左岸側ゲート 放流量(m^3/s)	右岸側ゲート 放流量(m^3/s)
OP.78.5m	311.053	310.788
OP.67.1m	262.612	262.205
OP.58.0m	223.945	223.423

G=3.2m

貯水位	左岸側ゲート 放流量(m^3/s)	右岸側ゲート 放流量(m^3/s)
OP.78.5m	239.073	237.678
OP.67.1m	201.960	201.297
OP.58.0m	172.334	172.256

G=2.4m

貯水位	左岸側ゲート 放流量(m^3/s)	右岸側ゲート 放流量(m^3/s)
OP.78.5m	178.269	179.383
OP.67.1m	151.064	152.178
OP.58.0m	129.349	130.461

G=1.6m

貯水位	左岸側ゲート 放流量(m^3/s)	右岸側ゲート 放流量(m^3/s)
OP.78.5m	121.625	121.408
OP.67.1m	103.276	103.297
OP.58.0m	88.630	88.841

G=0.8m

貯水位	左岸側ゲート 放流量(m^3/s)	右岸側ゲート 放流量(m^3/s)
OP.78.5m	62.133	61.888
OP.67.1m	53.183	52.876
OP.58.0m	46.039	45.682

付表－4.26　放流能力調査結果（模型B）①

ゲート開度 G (m)	貯水池水位 OP.(m)	放流量 Q (m³/s)	貯水頭 H (m)	流量係数 C	D/H	C'	推定式による Q (m³/s)	誤差 (%)
	77.553	866.818	44.553	0.849	0.108	0.720	866.180	-0.074
	74.741	835.853	41.741	0.846	0.115	0.715	835.174	-0.081
	72.334	807.418	39.334	0.841	0.122	0.708	807.688	0.033
	69.997	778.679	36.997	0.837	0.130	0.700	780.076	0.179
4.8m	67.395	748.321	34.395	0.834	0.140	0.695	748.134	-0.025
	64.787	712.196	31.787	0.826	0.151	0.682	714.688	0.349
	61.994	679.308	28.994	0.825	0.166	0.680	677.040	-0.335
	59.263	638.527	26.263	0.814	0.183	0.663	638.082	-0.070
	57.173	605.437	24.173	0.805	0.199	0.648	606.581	0.189
	79.864	621.426	46.864	0.593	0.102	0.352	620.202	-0.197
	76.884	597.848	43.884	0.590	0.109	0.348	598.427	0.097
	73.839	574.168	40.839	0.587	0.118	0.345	575.326	0.201
	71.087	551.704	38.087	0.584	0.126	0.341	553.619	0.346
4.0m	67.850	525.697	34.850	0.582	0.138	0.339	526.943	0.236
	64.353	495.036	31.353	0.578	0.153	0.334	496.517	0.298
	61.644	470.142	28.644	0.574	0.168	0.330	471.600	0.309
	58.440	440.695	25.440	0.571	0.189	0.326	440.313	-0.087
	56.632	421.367	23.632	0.567	0.203	0.321	421.635	0.063
	78.315	471.559	45.315	0.458	0.106	0.210	467.479	-0.873
	76.331	458.303	43.331	0.455	0.111	0.207	456.479	-0.400
	73.226	439.380	40.226	0.453	0.119	0.205	438.710	-0.153
	70.318	422.885	37.318	0.452	0.129	0.205	421.390	-0.355
	66.548	399.408	33.548	0.451	0.143	0.203	397.815	-0.401
3.2m	64.133	383.926	31.133	0.450	0.154	0.202	381.949	-0.518
	60.797	359.741	27.797	0.446	0.173	0.199	358.880	-0.240
	57.853	338.389	24.853	0.444	0.193	0.197	337.214	-0.348
	56.086	325.538	23.086	0.443	0.208	0.196	323.514	-0.626

付表－4.27　放流能力調査結果（模型B）②

ゲート開度 G (m)	貯水池水位 OP.(m)	放流量 Q (m³/s)	貯水頭 H (m)	流量係数 C	D/H	C²	推定式による Q (m³/s)	誤差 (%)
	79.408	358.628	46.408	0.344	0.103	0.118	362.390	1.038
	77.100	348.711	44.100	0.343	0.109	0.118	352.912	1.190
	74.271	337.276	41.271	0.343	0.116	0.118	340.935	1.073
	71.002	322.603	38.002	0.342	0.126	0.117	326.548	1.208
2.4m	68.048	310.257	35.048	0.343	0.137	0.117	312.980	0.870
	65.314	296.799	32.314	0.341	0.149	0.116	299.876	1.026
	61.994	280.608	28.994	0.341	0.166	0.116	283.148	0.897
	59.035	264.721	26.035	0.339	0.184	0.115	267.359	0.987
	56.116	248.429	23.116	0.338	0.208	0.114	250.811	0.950
	78.656	244.684	45.656	0.237	0.105	0.056	239.140	-2.318
	77.098	238.815	44.098	0.235	0.109	0.055	234.986	-1.630
	74.257	230.720	41.257	0.235	0.116	0.055	227.215	-1.543
	70.837	222.017	37.837	0.236	0.127	0.056	217.493	-2.080
1.6m	68.112	213.315	35.112	0.235	0.137	0.055	209.424	-1.858
	65.203	203.398	32.203	0.234	0.149	0.055	200.452	-1.469
	61.585	191.963	28.585	0.235	0.168	0.055	188.699	-1.729
	58.199	179.617	25.199	0.234	0.190	0.055	176.995	-1.482
	55.745	171.016	22.745	0.234	0.211	0.055	168.003	-1.794
	53.750	162.313	20.750	0.233	0.231	0.054	160.321	-1.242
	75.968	127.705	42.968	0.127	0.112	0.016	129.809	1.621
	74.494	124.872	41.494	0.127	0.116	0.016	127.527	2.082
	71.143	118.800	38.143	0.126	0.126	0.016	122.180	2.767
	68.093	114.348	35.093	0.126	0.137	0.016	117.102	2.351
0.8m	65.591	109.693	32.591	0.126	0.147	0.016	112.765	2.724
	62.368	103.723	29.368	0.125	0.163	0.016	106.919	2.989
	58.668	96.133	25.668	0.124	0.187	0.015	99.787	3.662
	55.318	91.074	22.318	0.126	0.215	0.016	92.859	1.922
	53.841	88.341	20.841	0.126	0.230	0.016	89.634	1.442
	51.904	84.091	18.904	0.126	0.254	0.016	85.220	1.325

付表－5.1　減勢工水面形（模型縮尺：1/80，Q＝700㎥/s）

減勢工部形状：減勢工部原設計案形状

トンネル流量：　700　m3/s

ダム流量：　0　m3/s

模型縮尺：　1/80

水平水叩き始端距離 (m)	水位		水深		変動幅
	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)
-20	25.740	23.900	5.740	3.900	1.840
-10	28.000	25.440	12.000	9.440	2.560
0	28.340	25.860	16.340	13.860	2.480
10	29.300	26.900	17.300	14.900	2.400
20	30.020	27.380	18.020	15.380	2.640
30	30.500	28.100	18.500	16.100	2.400
40	30.660	28.740	18.660	16.740	1.920
50	30.580	28.820	18.580	16.820	1.760
60	29.460	28.180	17.460	16.180	1.280
65	27.780	26.340	15.780	14.340	1.440
70	24.740	22.500	12.740	10.500	2.240
80	23.940	20.900	11.940	8.900	3.040
90	23.840	21.680	11.840	9.680	2.160
100	24.320	22.640	12.320	10.640	1.680
110	24.560	22.800	12.560	10.800	1.760
120	21.600	19.600	9.600	7.600	2.000
130	21.280	18.880	9.280	6.880	2.400
140	21.680	19.920	9.680	7.920	1.760

付表－5.2　減勢工水面形（模型縮尺：1/62.5，Q＝700㎥/s）

減勢工部形状：トンネル

トンネル流量：　700　m3/s

ダム流量：　0　m3/s

模型縮尺：　1/62.5

水平水叩き始端距離 (m)	水位		水深		変動幅
	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)
-20	26.550	23.550	6.550	3.550	3.000
-10	27.050	24.425	11.050	8.425	2.625
0	27.975	25.225	15.975	13.225	2.750
10	28.225	25.600	16.225	13.600	2.625
20	29.475	26.725	17.475	14.725	2.750
30	29.913	27.350	17.913	15.350	2.563
40	30.100	28.038	18.100	16.038	2.063
50	29.913	28.225	17.913	16.225	1.688
60	28.913	27.600	16.913	15.600	1.313
65	26.663	25.100	14.663	13.100	1.563
70	24.413	22.600	12.413	10.600	1.813
80	22.975	20.100	10.975	8.100	2.875
90	23.450	21.138	11.450	9.138	2.313
100	23.950	21.763	11.950	9.763	2.188
110	23.950	22.325	11.950	10.325	1.625
120	21.138	19.138	9.138	7.138	2.000
130	21.888	19.950	9.888	7.950	1.938
140	22.075	20.513	10.075	8.513	1.563

付表－5.3　減勢工水面形（模型縮尺：1/40，Q＝700㎥/s）

減勢工部形状：減勢工部原設計案形状

トンネル流量：　700　m3/s

減勢工天端：　蓋なし

模型縮尺：　1/40

水平水叩き始端距離 (m)	水位		水深		変動幅
	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)
-20	26.016	23.416	6.016	3.416	2.600
-10	28.920	25.200	12.920	9.200	3.720
0	28.320	25.400	16.320	13.400	2.920
10	28.480	25.800	16.480	13.800	2.680
20	29.120	26.400	17.120	14.400	2.720
30	30.080	28.120	18.080	16.120	1.960
40	30.400	28.400	18.400	16.400	2.000
50	30.480	28.960	18.480	16.960	1.520
60	29.600	28.400	17.600	16.400	1.200
65	27.221	25.720	15.221	13.720	1.501
70	25.400	22.800	13.400	10.800	2.600
80	25.680	21.200	13.680	9.200	4.480
90	24.080	21.800	12.080	9.800	2.280
100	24.360	22.720	12.360	10.720	1.640
110	24.200	22.720	12.200	10.720	1.480
120	21.440	19.920	9.440	7.920	1.520
130	22.720	19.880	10.720	7.880	2.840

付表－5.4　減勢工水面形（水叩き長：60m，副ダム高：10m，二次減勢工水叩き長：30m，シル高：2m）

減勢工部形状	副ダム減勢工部形状
水叩き長：60.0m	水叩き長：30.0m
副ダム高：10.0m	シル高　：2.0m

貯水位：O.P.67.1m
放流量：700m³/s

水叩き始端からの距離 (m)	水位		水深		変動幅
	最高水位 (O.P.m)	平均水位 (O.P.m)	最高水深 (m)	平均水深 (m)	(m)
-20	25.200	23.850	5.200	3.850	1.350
-10	26.700	24.900	10.700	8.900	1.800
0	26.850	25.450	14.850	13.450	1.400
10	27.600	26.050	15.600	14.050	1.550
20	28.350	26.800	16.350	14.800	1.550
30	29.150	27.600	17.150	15.600	1.550
40	29.650	28.350	17.650	16.350	1.300
50	29.700	28.850	17.700	16.850	0.850
60	29.150	28.250	7.650	6.750	0.900
70	24.950	23.700	7.950	6.700	1.250
80	24.850	23.850	8.850	7.850	1.000
90	26.000	25.000	10.000	9.000	1.000
100	25.700	25.050	9.700	9.050	0.650
110	23.200	22.400	7.200	6.400	0.800
120	19.900	19.150	3.900	3.150	0.750
130	20.000	19.250	4.000	3.250	0.750
140	18.550	18.000	2.550	2.000	0.550

貯水位：O.P.78.5m
放流量：863m³/s

水叩き始端からの距離 (m)	水位		水深		変動幅
	最高水位 (O.P.m)	平均水位 (O.P.m)	最高水深 (m)	平均水深 (m)	(m)
-20	22.950	21.950	2.950	1.950	1.000
-10	24.300	22.450	8.300	6.450	1.850
0	24.450	23.050	12.450	11.050	1.400
10	25.750	23.550	13.750	11.550	2.200
20	27.050	25.200	15.050	13.200	1.850
30	28.450	26.550	16.450	14.550	1.900
40	32.000	27.550	20.000	15.550	4.450
50	32.250	29.250	20.250	17.250	3.000
60	30.700	29.400	9.200	7.900	1.300
70	27.600	25.800	10.600	8.800	1.800
80	26.600	25.350	10.600	9.350	1.250
90	27.400	26.200	11.400	10.200	1.200
100	27.250	26.300	11.250	10.300	0.950
110	24.750	23.800	8.750	7.800	0.950
120	21.050	20.150	5.050	4.150	0.900
130	20.650	20.000	4.650	4.000	0.650
140	19.350	18.600	3.350	2.600	0.750

付表－5.5　下流河道水面形（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，断面No.21水位：O.P.22.492m）

減勢工最終形状
ダム側放流量　　：800m³/s
トンネル側放流量：700m³/s
断面No.21水位：OP.22.492m

断面No.	合流部からの距離 (m)	左岸		変動幅	中央		変動幅	右岸		変動幅
		最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)
-5	-100.500	23.700	23.300	0.400	23.475	23.225	0.250	24.025	23.500	0.525
-4	-80.500	24.050	23.700	0.350	24.175	23.800	0.375	24.075	23.550	0.525
-3	-60.500	23.925	23.600	0.325	24.025	23.650	0.375	23.800	23.375	0.425
-2	-41.000	23.850	23.675	0.175	24.425	23.800	0.625	24.075	23.525	0.550
-1	-21.000	24.325	23.500	0.825	24.400	23.850	0.550	24.100	23.300	0.800
0	0.000	25.025	23.825	1.200	24.250	23.575	0.675	24.275	23.450	0.825
1	20.000	24.875	23.675	1.200	24.200	23.500	0.700	23.350	22.700	0.650
2	40.000	25.475	23.650	1.825	23.825	23.100	0.725	24.300	22.475	1.825
3	60.000	24.675	23.350	1.325	23.650	23.000	0.650	24.700	22.850	1.850
4	82.000	23.400	22.800	0.600	23.275	23.050	0.225	23.700	22.850	0.850
5	103.000	24.050	23.225	0.825	23.450	22.850	0.600	23.900	22.800	1.100
6	123.500	24.350	23.100	1.250	23.525	23.000	0.525	23.500	22.800	0.700
7	146.500	23.400	22.725	0.675	23.275	22.775	0.500	23.525	22.900	0.625
8	163.000	23.575	23.150	0.425	23.050	22.750	0.300	23.525	22.975	0.550
9	182.000	23.950	23.125	0.825	23.150	22.675	0.475	22.900	22.650	0.250
10	202.500	22.125	21.800	0.325	23.100	22.375	0.725	23.125	22.150	0.975
11	222.000	22.700	22.375	0.325	22.525	22.150	0.375	23.425	22.350	1.075
12	242.500	23.275	22.425	0.850	22.750	22.300	0.450	22.700	22.325	0.375
13	262.000	23.100	22.650	0.450	22.875	22.475	0.400	22.700	22.375	0.325
14	282.000	22.525	22.000	0.525	22.725	22.325	0.400	22.650	22.375	0.275
15	302.000	23.025	22.000	1.025	22.725	22.300	0.425	22.950	22.425	0.525
16	322.000	22.425	22.125	0.300	22.850	22.350	0.500	23.000	22.675	0.325
17	341.000	22.400	21.925	0.475	22.900	22.325	0.575	22.800	22.350	0.450
18	362.000	22.775	21.875	0.900	22.975	22.450	0.525	22.750	22.650	0.100
19	382.000	22.325	21.825	0.500	22.825	22.400	0.425	22.875	22.625	0.250
20	401.000	22.450	22.125	0.325	22.950	22.525	0.425	22.875	22.425	0.450
21	420.500	22.350	22.025	0.325	22.635	22.500	0.135	22.800	22.500	0.300

付表－5.6　下流河道水面形（ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，断面No.8水位：O.P.24m）

減勢工最終形状
ダム側放流量　　：800m³/s
トンネル側放流量：700m³/s
断面No.8水位：OP.24.000m

断面No.	合流部からの距離 (m)	左岸		変動幅	中央		変動幅	右岸		変動幅
		最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)
-5	-100.500	24.775	24.525	0.250	25.025	24.625	0.400	25.000	24.600	0.400
-4	-80.500	25.100	24.675	0.425	25.050	24.650	0.400	24.900	24.575	0.325
-3	-60.500	24.950	24.725	0.225	25.200	24.675	0.525	25.350	24.675	0.675
-2	-41.000	25.125	24.750	0.375	25.350	24.750	0.600	25.150	24.750	0.400
-1	-21.000	25.575	24.700	0.875	25.400	24.725	0.675	25.450	24.550	0.900
0	0.000	26.025	24.625	1.400	25.650	24.625	1.025	25.475	24.300	1.175
1	20.000	26.825	25.175	1.650	25.250	24.600	0.650	25.650	24.300	1.350
2	40.000	26.750	24.750	2.000	24.850	24.275	0.575	26.025	24.100	1.925
3	60.000	25.575	24.700	0.875	25.000	24.300	0.700	25.725	24.100	1.625
4	82.000	25.875	24.250	1.625	24.750	24.200	0.550	24.875	24.125	0.750
5	103.000	25.950	24.475	1.475	24.600	24.100	0.500	24.800	24.225	0.575
6	123.500	25.050	24.375	0.675	24.600	24.175	0.425	24.900	24.225	0.675
7	146.500	24.900	24.225	0.675	24.575	24.125	0.450	25.150	24.275	0.875
8	163.000	25.250	24.425	0.825	24.395	24.005	0.390	25.025	24.150	0.875
9	182.000	25.250	24.425	0.825	24.600	24.025	0.575	24.650	23.650	1.000
10	202.500	23.950	23.300	0.650	24.475	23.950	0.525	24.750	23.900	0.850
11	222.000	24.500	23.775	0.725	24.275	23.875	0.400	24.725	24.100	0.625
12	242.500	25.025	24.125	0.900	24.325	23.900	0.425	24.525	24.150	0.375
13	262.000	24.125	23.800	0.325	24.475	24.050	0.425	24.600	24.000	0.600
14	282.000	24.150	23.650	0.500	24.325	23.975	0.350	24.450	23.850	0.600
15	302.000	24.825	23.750	1.075	24.275	23.925	0.350	24.200	24.025	0.175
16	322.000	23.750	23.425	0.325	24.300	23.875	0.425	24.175	23.900	0.275
17	341.000	23.975	23.700	0.275	24.300	23.825	0.475	24.275	23.975	0.300
18	362.000	23.925	23.600	0.325	24.175	23.925	0.250	24.400	23.925	0.475
19	382.000	23.900	23.650	0.250	24.200	23.950	0.250	24.150	24.000	0.150
20	401.000	23.825	23.725	0.100	24.325	24.050	0.275	24.200	23.950	0.250
21	420.500	23.875	23.650	0.225	24.155	23.870	0.285	24.325	24.075	0.250

付表－5.7　下流河道水面形（ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，断面No.21水位：O.P.24.939m）

減勢工最終形状
ダム側放流量　　：1800m³/s
トンネル側放流量：863m³/s
断面No.21水位：OP.24.939m

断面No.	合流部からの距離 (m)	左岸		変動幅	中央		変動幅	右岸		変動幅
		最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)
-5	-100.500	26.800	26.375	0.425	27.575	26.850	0.725	27.775	27.675	0.100
-4	-80.500	26.875	26.700	0.175	27.475	27.050	0.425	27.300	26.850	0.450
-3	-60.500	26.825	26.625	0.200	27.275	26.825	0.450	26.725	26.500	0.225
-2	-41.000	27.225	26.825	0.400	27.000	26.575	0.425	27.150	26.575	0.575
-1	-21.000	27.425	26.550	0.875	27.550	26.900	0.650	27.725	26.575	1.150
0	0.000	27.525	26.225	1.300	27.025	26.450	0.575	27.425	26.150	1.275
1	20.000	28.575	26.175	2.400	27.000	26.150	0.850	26.300	25.150	1.150
2	40.000	29.200	26.825	2.375	26.200	25.725	0.475	26.500	24.775	1.725
3	60.000	28.425	26.675	1.750	26.350	25.775	0.575	26.425	25.000	1.425
4	82.000	27.000	25.900	1.100	26.300	25.650	0.650	26.025	25.225	0.800
5	103.000	27.150	25.975	1.175	26.150	25.400	0.750	26.200	25.150	1.050
6	123.500	26.850	25.700	1.150	26.200	25.725	0.475	26.450	25.000	1.450
7	146.500	26.675	25.600	1.075	26.075	25.400	0.675	26.400	25.550	0.850
8	163.000	27.700	26.125	1.575	26.050	25.515	0.535	26.250	25.475	0.775
9	182.000	26.950	26.475	0.475	26.075	25.450	0.625	25.400	24.825	0.575
10	202.500	24.475	24.100	0.375	25.200	24.550	0.650	25.650	24.700	0.950
11	222.000	25.325	24.325	1.000	24.475	23.975	0.500	25.650	25.000	0.650
12	242.500	25.575	24.450	1.125	25.500	25.000	0.500	25.525	24.625	0.900
13	262.000	25.575	24.850	0.725	25.850	25.200	0.650	25.100	24.850	0.250
14	282.000	25.025	24.475	0.550	25.150	24.550	0.600	25.450	24.825	0.625
15	302.000	25.200	24.500	0.700	25.450	24.800	0.650	25.475	24.875	0.600
16	322.000	24.700	24.125	0.575	25.050	24.325	0.725	25.525	24.900	0.625
17	341.000	24.700	23.950	0.750	24.850	24.400	0.450	25.350	24.950	0.400
18	362.000	24.400	24.150	0.250	25.400	24.850	0.550	25.900	25.225	0.675
19	382.000	24.325	24.025	0.300	25.475	24.700	0.775	25.325	24.775	0.550
20	401.000	24.575	24.125	0.450	25.550	24.750	0.800	25.125	24.700	0.425
21	420.500	24.475	24.100	0.375	25.300	24.860	0.440	25.650	25.200	0.450

付表－5.8　減勢工水面形状（原案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25m）

トンネル側放流量：700m³/s
ダム側放流量：800m³/s

断面No.8水位：OP.22.750m

水叩き始端からの距離 (m)	水位		水深		変動幅
	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	最高水深 (m)	平均水深 (m)	(m)
-20	25.033	22.633	5.033	2.633	2.400
-10	26.133	24.033	10.133	8.033	2.100
0	26.133	24.553	14.133	12.553	1.580
10	27.173	25.493	15.173	13.493	1.680
20	28.273	26.413	16.273	14.413	1.860
30	29.053	27.313	17.053	15.313	1.740
40	29.733	27.593	17.733	15.593	2.140
50	29.333	28.253	17.333	16.253	1.080
60	28.413	27.533	6.913	6.033	0.880
70	23.653	22.133	6.653	5.133	1.520
80	24.753	23.453	8.753	7.453	1.300
90	25.293	24.273	9.293	8.273	1.020
100	25.133	24.533	9.133	8.533	0.600
110	22.733	21.953	6.733	5.953	0.780
120	23.333	22.693	7.333	6.693	0.640
130	23.853	23.093	7.853	7.093	0.760
140	23.893	23.393	7.893	7.393	0.500

断面No.8水位：OP.24.000m

水叩き始端からの距離 (m)	水位		水深		変動幅
	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	最高水深 (m)	平均水深 (m)	(m)
-20	25.033	22.633	5.033	2.633	2.400
-10	26.133	24.033	10.133	8.033	2.100
0	26.133	24.553	14.133	12.553	1.580
10	27.173	25.493	15.173	13.493	1.680
20	28.273	26.413	16.273	14.413	1.860
30	29.053	27.313	17.053	15.313	1.740
40	29.733	27.593	17.733	15.593	2.140
50	29.333	28.253	17.333	16.253	1.080
60	28.413	27.533	6.913	6.033	0.880
70	24.773	23.413	7.773	6.413	1.360
80	25.153	24.233	9.153	8.233	0.920
90	25.613	24.893	9.613	8.893	0.720
100	25.573	25.153	9.573	9.153	0.420
110	23.893	23.393	7.893	7.393	0.500
120	24.373	23.793	8.373	7.793	0.580
130	24.893	23.993	8.893	7.993	0.900
140	24.853	24.213	8.853	8.213	0.640

付表－5.9　減勢工水面形（比較案Ｃ１１最終案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s）

貯　水　位：OP.67.1m
ダム放流量：800m³/s
ﾄﾝﾈﾙ放流量：700m³/s

断面No.8水位：OP.22.750m

水叩き始端からの距離 (m)	水位		水深		変動幅
	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	最高水深 (m)	平均水深 (m)	(m)
-90	31.033	30.913	3.104	2.984	0.120
-80	29.513	29.153	3.354	2.994	0.360
-70	27.713	27.433	3.324	3.044	0.280
-60	25.753	25.473	3.134	2.854	0.280
-50	23.473	23.313	2.624	2.464	0.160
-40	24.753	20.913	5.673	1.833	3.840
-30	25.113	21.033	7.803	3.723	4.080
-20	25.513	21.713	9.973	6.173	3.800
-10	26.593	23.113	12.823	9.343	3.480
0	27.433	24.393	15.433	12.393	3.040
10	28.033	25.833	16.033	13.833	2.200
20	28.233	26.513	16.233	14.513	1.720
30	28.193	26.393	16.193	14.393	1.800
40	25.193	23.593	13.193	11.593	1.600
50	25.473	23.833	9.473	7.833	1.640
60	25.193	23.913	9.193	7.913	1.280
70	24.233	23.393	8.233	7.393	0.840
80	22.953	21.753	6.953	5.753	1.200

断面No.8水位：OP.24.000m

水叩き始端からの距離 (m)	水位		水深		変動幅
	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	最高水深 (m)	平均水深 (m)	(m)
-90	31.033	30.913	3.104	2.984	0.120
-80	29.513	29.153	3.354	2.994	0.360
-70	27.713	27.433	3.324	3.044	0.280
-60	25.753	25.473	3.134	2.854	0.280
-50	23.473	23.313	2.624	2.464	0.160
-40	24.753	20.913	5.673	1.833	3.840
-30	25.113	21.033	7.803	3.723	4.080
-20	25.513	21.713	9.973	6.173	3.800
-10	26.593	23.113	12.823	9.343	3.480
0	27.433	24.393	15.433	12.393	3.040
10	28.033	25.833	16.033	13.833	2.200
20	28.233	26.513	16.233	14.513	1.720
30	28.193	26.393	16.193	14.393	1.800
40	25.553	23.793	13.553	11.793	1.760
50	25.913	24.473	9.913	8.473	1.440
60	25.793	24.673	9.793	8.673	1.120
70	25.193	24.113	9.193	8.113	1.080
80	23.993	22.753	7.993	6.753	1.240

付表－5.10　減勢工水面形（比較案Ｃ１１最終案，H＝O.P.78.5m，ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s）

貯　水　位：OP.78.5m
ダム放流量：1800m³/s
ﾄﾝﾈﾙ放流量：863m³/s

断面No.8水位：OP.25.515m

水叩き始端からの距離 (m)	水位		水深		変動幅
	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	最高水深 (m)	平均水深 (m)	(m)
-90	31.073	30.873	3.144	2.944	0.200
-80	30.033	29.673	3.874	3.514	0.360
-70	28.393	28.073	4.004	3.684	0.320
-60	26.513	26.193	3.894	3.574	0.320
-50	24.353	23.993	3.504	3.144	0.360
-40	21.513	21.313	2.433	2.233	0.200
-30	21.153	18.953	3.843	1.643	2.200
-20	23.953	19.793	8.413	4.253	4.160
-10	25.273	20.273	11.503	6.503	5.000
0	26.593	21.793	14.593	9.793	4.800
10	28.073	24.313	16.073	12.313	3.760
20	28.873	25.753	16.873	13.753	3.120
30	29.273	27.073	17.273	15.073	2.200
40	27.833	26.113	15.833	14.113	1.720
50	28.353	26.113	12.353	10.113	2.240
60	27.513	26.113	11.513	10.113	1.400
70	27.033	25.833	11.033	9.833	1.200
80	26.353	24.473	10.353	8.473	1.880

付表－5.11　減勢工水面形（比較案Ｃ１２最終案，H＝O.P.67.1m，ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s）

貯　水　位：OP.67.1m
ダム放流量：800m³/s
ﾄﾝﾈﾙ放流量：700m³/s

断面No.8水位：OP.22.750m

水叩き始端からの距離 (m)	水位		水深		変動幅
	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	最高水深 (m)	平均水深 (m)	(m)
-50	32.373	31.713	1.389	0.729	0.660
-40	30.913	30.253	2.947	2.287	0.660
-30	27.373	26.593	3.373	2.593	0.780
-20	25.893	23.293	5.893	3.293	2.600
-10	26.253	23.153	10.253	7.153	3.100
0	27.293	23.773	15.293	11.773	3.520
10	27.973	24.873	15.973	12.873	3.100
20	28.453	26.113	16.453	14.113	2.340
30	29.173	26.753	17.173	14.753	2.420
40	29.733	27.613	17.733	15.613	2.120
50	29.493	27.833	17.493	15.833	1.660
60	28.413	27.133	16.413	15.133	1.280
70	24.953	23.013	8.953	7.013	1.940
80	25.173	23.813	9.173	7.813	1.360
90	25.493	24.493	9.493	8.493	1.000
100	23.873	23.153	7.873	7.153	0.720

断面No.8水位：OP.24.000m

水叩き始端からの距離 (m)	水位		水深		変動幅
	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	最高水深 (m)	平均水深 (m)	(m)
-50	32.373	31.713	1.389	0.729	0.660
-40	30.913	30.253	2.947	2.287	0.660
-30	27.373	26.593	3.373	2.593	0.780
-20	25.893	23.293	5.893	3.293	2.600
-10	26.253	23.153	10.253	7.153	3.100
0	27.293	23.773	15.293	11.773	3.520
10	27.973	24.873	15.973	12.873	3.100
20	28.453	26.113	16.453	14.113	2.340
30	29.173	26.753	17.173	14.753	2.420
40	29.733	27.613	17.733	15.613	2.120
50	29.493	27.833	17.493	15.833	1.660
60	28.413	27.133	16.413	15.133	1.280
70	25.953	24.253	9.953	8.253	1.700
80	26.093	24.733	10.093	8.733	1.360
90	26.013	25.133	10.013	9.133	0.880
100	24.933	24.093	8.933	8.093	0.840

付表－5.12　減勢工水面形（比較案Ｃ１２最終案，H＝O.P.78.5m，ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s）

貯　水　位：OP.78.5m
ダム放流量：1800m³/s
ﾄﾝﾈﾙ放流量：863m³/s

断面No.8水位：OP.25.515m

水叩き始端からの距離 (m)	水位		水深		変動幅
	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	最高水深 (m)	平均水深 (m)	(m)
-50	31.213	31.093	0.229	0.109	0.120
-40	29.413	28.773	1.447	0.807	0.640
-30	25.973	25.413	1.973	1.413	0.560
-20	24.053	22.133	4.053	2.133	1.920
-10	25.133	21.493	9.133	5.493	3.640
0	25.253	22.213	13.253	10.213	3.040
10	26.653	23.833	14.653	11.833	2.820
20	28.693	25.593	16.693	13.593	3.100
30	29.633	26.713	17.633	14.713	2.920
40	30.773	27.753	18.773	15.753	3.020
50	30.913	28.573	18.913	16.573	2.340
60	30.113	27.973	18.113	15.973	2.140
70	27.553	26.953	11.553	10.953	0.600
80	27.573	26.193	11.573	10.193	1.380
90	27.593	26.433	11.593	10.433	1.160
100	26.773	25.813	10.773	9.813	0.960

付表－5.13　下流河道水面形（最終案，ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.22.75m）

最終案
ダム放流量　　：800m³/s
トンネル放流量：700m³/s
断面No.8水位：OP.22.750m

断面No.	合流部からの距離 (m)	左岸		変動幅	中央		変動幅	右岸		変動幅
		最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)
-5	-100.500	23.813	23.513	0.300	23.713	23.513	0.200	24.013	23.453	0.560
-4	-80.500	23.953	23.753	0.200	24.013	23.753	0.260	24.193	23.753	0.440
-3	-60.500	24.073	23.813	0.260	24.073	23.793	0.280	24.313	23.473	0.840
-2	-41.000	24.193	23.793	0.400	24.373	23.853	0.520	24.153	23.673	0.480
-1	-21.000	24.593	23.873	0.720	24.473	23.853	0.620	23.673	22.433	1.240
0	0.000	24.933	23.593	1.340	24.133	23.513	0.620	23.393	21.553	1.840
1	20.000	25.373	23.313	2.060	24.233	23.373	0.860	24.233	22.593	1.640
2	40.000	25.613	23.433	2.180	23.733	23.153	0.580	24.773	22.633	2.140
3	60.000	24.593	23.313	1.280	23.593	23.113	0.480	24.873	22.593	2.280
4	82.000	23.953	23.133	0.820	23.653	23.033	0.620	23.993	22.733	1.260
5	103.000	24.113	23.013	1.100	23.393	22.933	0.460	23.793	22.833	0.960
6	123.500	23.753	23.013	0.740	23.413	22.993	0.420	23.953	22.833	1.120
7	146.500	23.393	22.553	0.840	23.473	22.993	0.480	23.913	22.793	1.120
8	163.000	24.073	23.193	0.880	23.313	22.833	0.480	23.893	23.033	0.860

付表－5.14　下流河道水面形（最終案，ダム本体：Q＝800㎥/s，トンネル：Q＝700㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.24m）

最終案
ダム放流量　　：800m³/s
トンネル放流量：700m³/s
断面No.8水位：OP.24.000m

断面No.	合流部からの距離 (m)	左岸		変動幅	中央		変動幅	右岸		変動幅
		最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)
-5	-100.500	24.793	24.473	0.320	24.833	24.393	0.440	24.913	24.373	0.540
-4	-80.500	24.913	24.633	0.280	25.113	24.693	0.420	24.953	24.553	0.400
-3	-60.500	25.133	24.713	0.420	25.093	24.653	0.440	24.953	24.393	0.560
-2	-41.000	25.213	24.633	0.580	25.433	24.733	0.700	25.233	24.733	0.500
-1	-21.000	25.713	24.613	1.100	25.373	24.633	0.740	24.833	23.873	0.960
0	0.000	25.593	24.413	1.180	25.153	24.413	0.740	24.113	23.273	0.840
1	20.000	25.673	24.453	1.220	25.353	24.413	0.940	25.353	23.813	1.540
2	40.000	26.013	24.253	1.760	24.753	24.153	0.600	25.673	23.793	1.880
3	60.000	25.353	24.733	0.620	24.793	24.333	0.460	24.993	23.953	1.040
4	82.000	25.193	24.113	1.080	24.673	24.173	0.500	24.933	23.953	0.980
5	103.000	25.113	24.153	0.960	24.353	24.033	0.320	24.593	23.853	0.740
6	123.500	24.953	24.173	0.780	24.573	24.153	0.420	24.953	24.033	0.920
7	146.500	24.613	23.913	0.700	24.353	24.073	0.280	24.913	24.053	0.860
8	163.000	25.033	24.193	0.840	24.473	24.073	0.400	24.993	23.973	1.020

付表－5.15　下流河道水面形（最終案，ダム本体：Q＝1800㎥/s，トンネル：Q＝863㎥/s，河道断面No.8水位：O.P.25.515m）

最終案
ダム放流量　　：1800m³/s
トンネル放流量：863m³/s
断面No.8水位：OP. 25.515m

断面No.	合流部からの距離 (m)	左岸		変動幅	中央		変動幅	右岸		変動幅
		最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)	最高水位 (OP.m)	平均水位 (OP.m)	(m)
-5	-100.500	27.513	26.993	0.520	27.713	27.053	0.660	27.073	26.553	0.520
-4	-80.500	27.453	26.833	0.620	27.273	26.733	0.540	27.313	26.913	0.400
-3	-60.500	27.193	26.833	0.360	26.793	26.413	0.380	27.233	26.553	0.680
-2	-41.000	27.373	26.793	0.580	27.553	26.913	0.640	27.393	26.833	0.560
-1	-21.000	28.053	26.913	1.140	27.273	26.513	0.760	26.513	25.553	0.960
0	0.000	27.073	25.613	1.460	27.053	26.193	0.860	26.673	25.493	1.180
1	20.000	27.913	26.333	1.580	26.873	25.993	0.880	26.693	25.193	1.500
2	40.000	28.393	26.213	2.180	26.733	26.013	0.720	27.333	24.873	2.460
3	60.000	28.393	26.633	1.760	26.953	26.353	0.600	26.593	25.293	1.300
4	82.000	26.993	25.913	1.080	26.593	25.953	0.640	26.593	25.393	1.200
5	103.000	26.753	25.553	1.200	26.473	25.713	0.760	26.793	25.473	1.320
6	123.500	27.073	25.673	1.400	26.433	25.713	0.720	26.953	25.433	1.520
7	146.500	25.913	25.113	0.800	25.953	25.513	0.440	26.653	25.453	1.200
8	163.000	26.953	25.993	0.960	26.233	25.553	0.680	27.053	26.853	0.200

付表－5.16　給気管内の風速・給気量（最終案）

放流量	風速（m/s）			給気量（m^3/s）		
(m^3/s)	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値
863	5.06	7.08	4.30	4.81	6.73	4.09
700	2.97	3.42	2.34	2.82	3.25	2.22
600	2.85	3.42	2.21	2.70	3.25	2.10
400	2.47	3.04	1.83	2.34	2.88	1.74
200	2.09	2.53	1.77	1.98	2.40	1.68

付表－6.1　実験条件と発生音測定結果一覧

模尺	蓋の有無	流入条件							始端部測定音圧		音源出力		副ダム測定音圧	
		鉄管厚	水脈厚	水位	流量	流速	流入エネルギー	フルード数	圧力	レベル	出力	レベル	出力	レベル
		h_1	h	Z	Q	v	E/B	Fr	Prms	Lp	W/B	Lw	Prms	Lp
		cm	cm	m	l/s	m/s	J/(m·s)		Pa	dB	J/(m·s)	dB	Pa	dB
1/2	1	1.5	1.29	1.50	9.7	3.76	343	10.6					0.324	84.2
1/2	1	1.5	1.15	1.25	8.1	3.52	251	10.5					0.236	81.4
1/2	1	1.5	1.03	1.00	6.2	3.01	140	9.5					0.155	77.8
1/2	1	2.0	1.57	1.50	13.3	4.24	597	10.8					0.521	88.3
1/2	1	2.0	1.48	1.25	11.0	3.72	380	9.8					0.385	85.7
1/2	1	2.0	1.30	1.00	8.3	3.19	211	8.9					0.237	81.5
1/2	1	3.0	2.33	1.50	20.1	4.31	935	9.0					0.691	90.8
1/2	1	3.0	2.14	1.25	15.7	3.67	528	8.0					0.470	87.4
1/2	1	3.0	1.87	1.00	11.9	3.18	301	7.4					0.291	83.3
1.0	1	3.0	2.44	3.00	26.9	5.51	2,043	11.3					0.886	92.9
1.0	1	3.0	2.31	2.50	23.5	5.09	1,520	10.7					0.728	91.2
1.0	1	3.0	2.00	2.00	18.2	4.55	942	10.3					0.488	87.7
1.0	1	4.0	3.44	3.00	37.8	5.49	2,853	9.5					1.096	94.8
1.0	1	4.0	3.03	2.50	31.4	5.18	2,108	9.5					0.943	93.5
1.0	1	4.0	2.53	2.00	23.8	4.70	1,316	9.4					0.678	90.6
1.0	1	6.0	4.76	3.00	54.6	5.74	4,490	8.4					1.507	97.5
1.0	1	6.0	4.36	2.50	45.0	5.16	2,996	7.9					1.148	95.2
1.0	1	6.0	3.65	2.00	33.8	4.63	1,812	7.7					0.788	91.9
1.5	1	4.5	3.39	4.50	51.5	7.60	7,429	13.2					1.140	95.1
1.5	1	4.5	3.22	3.75	43.3	6.72	4,894	12.0					0.933	93.4
1.5	1	4.5	2.86	3.00	33.5	5.86	2,873	11.1					0.628	89.9
1.5	1	6.0	4.89	4.50	69.4	7.10	8,737	10.3					1.513	97.6
1.5	1	6.0	4.36	3.75	57.6	6.61	6,283	10.1					1.260	96.0
1.5	1	6.0	3.79	3.00	43.8	5.78	3,656	9.5					0.812	92.2
1.5	1	9.0	6.84	4.50	100.4	7.34	13,520	9.0					2.192	100.8
1.5	1	9.0	6.30	3.75	82.6	6.56	8,874	8.3					1.571	97.9
1.5	1	9.0	5.63	3.00	62.1	5.52	4,722	7.4					1.005	94.0
2	1	6	4.68	6.00	78.8	8.42	13,963	12.4					0.915	93.2
2	1	6	4.12	5.00	66.2	8.03	10,682	12.6					0.707	91.0
2	1	6	3.68	4.00	50.6	6.88	5,979	11.4					0.554	88.8
2	1	8	6.00	6.00	107.4	8.95	21,503	11.7					1.303	96.3
2	1	8	5.58	5.00	89.4	8.01	14,342	10.8					1.092	94.7
2	1	8	4.85	4.00	67.2	6.93	8,063	10.0					0.749	91.5
2	1	12	9.76	6.00	156	7.99	24,909	8.2					1.791	99.0
2	1	12	9.09	5.00	128.4	7.06	16,012	7.5					1.234	95.8
2	1	12	7.48	4.00	94.5	6.32	9,427	7.4					0.844	92.5
1/2	0	1.5	1.29	1.50	9.7	3.76	343	10.6			0.00119	35.5	0.195	79.8
1/2	0	1.5	1.15	1.25	8.1	3.52	251	10.5			0.00105	34.4	0.183	79.2
1/2	0	1.5	1.03	1.00	6.2	3.01	140	9.5			0.00073	31.3	0.153	77.7
1/2	0	2.0	1.57	1.50	13.3	4.24	597	10.8			0.00139	36.9	0.211	80.5
1/2	0	2.0	1.48	1.25	11.0	3.72	380	9.8			0.00088	32.9	0.168	78.5
1/2	0	2.0	1.30	1.00	8.3	3.19	211	8.9			0.00062	29.9	0.141	77.0
1/2	0	3.0	2.33	1.50	20.1	4.31	935	9.0			0.00426	46.6	0.369	85.3
1/2	0	3.0	2.14	1.25	15.7	3.67	528	8.0			0.00202	40.1	0.254	82.1
1/2	0	3.0	1.87	1.00	11.9	3.18	301	7.4			0.00107	34.6	0.185	79.3
1.0	0	3.0	2.44	3.00	28.2	5.78	2,354	11.8	1.095	94.8	0.0109	54.8	0.351	84.9
1.0	0	3.0	2.31	2.50	23.4	5.06	1,501	10.6	0.904	93.1	0.0075	51.4	0.275	82.8
1.0	0	3.0	2.00	2.00	18.3	4.58	958	10.3	0.681	90.6	0.0042	46.5	0.206	80.3
1.0	0	4.0	3.44	3.00	37.7	5.48	2,830	9.4	1.248	95.9	0.0142	57.0	0.422	86.5
1.0	0	4.0	3.03	2.50	31.3	5.17	2,088	9.5	1.131	95.0	0.0117	55.3	0.365	85.2
1.0	0	4.0	2.53	2.00	23.8	4.70	1,316	9.4	0.852	92.6	0.0066	50.4	0.269	82.6
1.0	0	6.0	4.76	3.00	54.6	5.74	4,490	8.4	1.403	96.9	0.0179	59.1	0.892	93.0
1.0	0	6.0	4.36	2.50	45.2	5.18	3,036	7.9	1.248	95.9	0.0142	57.0	0.485	87.7
1.0	0	6.0	3.65	2.00	33.8	4.63	1,812	7.7	1.006	94.0	0.0092	53.3	0.291	83.3
1.5	0	4.5	3.39	4.50	51.5	7.60	7,429	13.2	1.330	96.5	0.0269	62.6	0.231	81.3
1.5	0	4.5	3.22	3.75	43.1	6.69	4,826	11.9	1.229	95.8	0.0229	61.2	0.210	80.4
1.5	0	4.5	2.86	3.00	33.5	5.86	2,873	11.1	0.890	93.0	0.0120	55.6	0.168	78.5
1.5	0	6.0	4.89	4.50	70.2	7.18	9,042	10.4	1.031	94.2	0.0162	58.1	0.195	79.8
1.5	0	6.0	4.36	3.75	57.6	6.61	6,283	10.1	1.395	96.9	0.0296	63.4	0.211	80.5
1.5	0	6.0	3.79	3.00	43.9	5.79	3,681	9.5	1.016	94.1	0.0157	57.9	0.166	78.4
1.5	0	9.0	6.84	4.50	99.8	7.30	13,279	8.9	1.655	98.4	0.0416	66.4	0.472	87.5
1.5	0	9.0	6.30	3.75	82.8	6.57	8,939	8.4	1.449	97.2	0.0319	64.1	0.263	82.4
1.5	0	9.0	5.63	3.00	62.2	5.52	4,745	7.4	1.010	94.1	0.0155	57.8	0.184	79.3
2	0	6	4.68	6.00	78.8	8.42	13,963	12.4	2.432	101.7	0.0399	73.1	0.294	83.3
2	0	6	4.12	5.00	66.2	8.03	10,682	12.6	2.227	100.9	0.0754	71.5	0.283	83.0
2	0	6	3.68	4.00	50.6	6.88	5,979	11.4	1.706	98.6	0.0442	66.9	0.247	81.8
2	0	8	6.00	6.00	107.4	8.95	21,503	11.7	2.582	102.2	0.1013	74.1	0.329	84.3
2	0	8	5.58	5.00	89.4	8.01	14,342	10.8	2.379	101.5	0.0860	72.7	0.290	83.2
2	0	8	4.85	4.00	67.2	6.93	8,063	10.0	1.951	99.8	0.0578	69.2	0.263	82.4
2	0	12	9.76	6.00	156	7.99	24,909	8.2	2.446	101.7	0.0909	73.2	0.610	89.7
2	0	12	9.09	5.00	128.4	7.06	16,012	7.5	2.129	100.5	0.0689	70.7	0.523	88.3
2	0	12	7.48	4.00	94.5	6.32	9,427	7.4	1.784	99.0	0.0484	67.7	0.325	84.2

注)1/2模型はふたなしのケースで始端部での測定はしていないが、模型が小さいので副ダムでの測定値から音源出力を求めた。

付表－6.2　流入水脈の流速測定結果（1/2模型、h1＝1.5cm）

No.1-1
h1=1.5 (cm)
Z=1.5 (m)
Q=9.7(L/s)

流入水深　1.29 (cm)
v'　3.76 (m/s)
Fr'　10.57

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
1.5	0.517	3.182	3.139	1.3
3	0.624	3.496	3.517	-0.6
4.5	0.698	3.697	3.738	-1.1
6	0.759	3.857	3.895	-1.0
7.5	0.831	4.035	4.017	0.4
9	0.881	4.155	4.116	0.9

No.1-2
h1=1.5 (cm)
Z=1.25 (m)
Q=8.1(L/s)

流入水深　1.15 (cm)
v'　3.52 (m/s)
Fr'　10.49

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
1.5	0.422	2.874	2.864	0.4
3	0.531	3.226	3.236	-0.3
4.5	0.606	3.446	3.453	-0.2
6	0.660	3.597	3.608	-0.3
7.5	0.714	3.740	3.728	0.3
9	0.749	3.832	3.826	0.2

No.1-3
h1=1.5 (cm)
Z=1.0 (m)
Q=6.3(L/s)

流入水深　1.03 (cm)
v'　3.06 (m/s)
Fr　9.63

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
1.5	0.366	2.678	2.649	1.1
3	0.435	2.920	2.964	-1.5
4.5	0.504	3.143	3.148	-0.2
6	0.554	3.294	3.279	0.4
7.5	0.585	3.386	3.380	0.2

付表－6.3　流入水脈の流速測定結果（1/2模型、h1＝2㎝）

No.1-4
h1=3 (㎝)
Z=1.5 (m)
Q=20.1(L/s)

流入水深　2.33 (㎝)
v'　4.30 (m/s)
Fr'　9.00

底面からの距離 (㎜)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
1.5	0.606	3.445	3.375	2.0
3	0.710	3.729	3.746	-0.4
4.5	0.777	3.901	3.962	-1.6
6	0.846	4.071	4.116	-1.1
7.5	0.917	4.238	4.236	0.1
9	0.952	4.318	4.333	-0.3
12	1.057	4.552	4.487	1.4
15	1.083	4.606	4.606	0.0

No.1-5
h1=3 (㎝)
Z=1.25 (m)
Q=16.5(L/s)

流入水深　2.14 (㎝)
v'　3.84 (m/s)
Fr'　8.39

底面からの距離 (㎜)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
1.5	0.485	3.083	3.082	0.1
3	0.589	3.396	3.399	-0.1
4.5	0.653	3.576	3.585	-0.3
6	0.698	3.697	3.717	-0.5
7.5	0.762	3.863	3.820	1.1
9	0.785	3.921	3.903	0.5
12	0.842	4.062	4.035	0.7
15	0.849	4.079	4.138	-1.4

No.1-6
h1=3 (㎝)
Z=1.0(m)
Q=12.7(L/s)

流入水深　1.87 (㎝)
v'　3.40 (m/s)
Fr　7.93

底面からの距離 (㎜)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
1.5	0.401	2.802	2.800	0.0
3	0.477	3.058	3.074	-0.5
4.5	0.534	3.234	3.233	0.0
6	0.583	3.379	3.347	0.9
7.5	0.599	3.425	3.435	-0.3
9	0.630	3.514	3.507	0.2
12	0.678	3.645	3.620	0.7
15	0.687	3.668	3.708	-1.1

付表－6.4　流入水脈の流速測定結果（1/2模型、h1＝3cm）

No.1-7
h1=2(cm)
Z= 1.5(m)
Q=13.3(L/s)

流入水深　1.57 (cm)
v'　4.24 (m/s)
Fr'　10.80

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
1.5	0.632	3.518	3.486	0.9
2	0.691	3.679	3.645	0.9
4	0.818	4.003	4.029	-0.7
6	0.879	4.151	4.253	-2.5
8	1.057	4.551	4.412	3.0
10	1.016	4.461	4.536	-1.7

No.1-8
h1=2(cm)
Z= 1.25(m)
Q=11.2(L/s)

流入水深　1.48 (cm)
v'　3.78 (m/s)
Fr'　9.94

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
1.5	0.517	3.182	3.191	-0.3
2	0.575	3.356	3.327	0.9
4	0.668	3.618	3.653	-1.0
6	0.760	3.860	3.844	0.4
8	0.808	3.980	3.980	0.0

No.1-9
h1=2(cm)
Z=1.0 (m)
Q=8.5(L/s)

流入水深　1.30 (cm)
v'　3.27 (m/s)
Fr　9.16

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
1.5	0.396	2.784	2.780	0.2
2	0.432	2.910	2.908	0.1
4	0.525	3.206	3.216	-0.3
6	0.586	3.388	3.397	-0.3
8	0.639	3.538	3.525	0.4

付表－6.5　流入水脈の流速測定結果（1/1模型、h1＝3cm）

No.2-1
h1=3 (cm)、Z=3(m)
Q=26.85 (L/s)
流入水深　　2.44 (cm)
v'　　5.50 (m/s)
Fr'　　11.25

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①×100%
1.5	1.008	4.445	4.330	2.6
3	1.157	4.762	4.831	-1.4
6	1.402	5.241	5.332	-1.7
9	1.592	5.585	5.625	-0.7
15	1.887	6.081	5.995	1.4

No.2-2
h1=3 (cm)、Z=2.5(m)
Q=30.95(L/s)
流入水深　　2.31 (cm)
v'　　4.95 (m/s)
Fr'　　10.40

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①×100%
1.5	0.835	4.044	3.945	2.5
3	0.943	4.299	4.388	-2.1
6	1.169	4.787	4.832	-0.9
9	1.313	5.072	5.091	-0.4
15	1.527	5.471	5.418	1.0

No.2-3
h1=3 (cm)、Z=2.0(m)
Q=18.1 (L/s)
底面の水叩きからの水平距離-106.1cm

流入水深　　2.00 (cm)
v'　　4.51 (m/s)
v'の水深　　(cm)
Fr　　10.19

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①×100%
1.5	0.709	3.726	3.662	1.7
3	0.817	4.000	4.070	-1.7
6	1.019	4.468	4.479	-0.2
9	1.127	4.700	4.718	-0.4
15	1.303	5.053	5.019	0.7

付表－6.6　流入水脈の流速測定結果（1/1模型、h1＝4cm）

No.2-4
h1=4cm, Z=3 (m)
Q=38.6 (L/s)
流入水深　3.442 (cm)
v'　5.61 (m/s)
Fr'　9.65

底面からの距離 (cm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①×100%
2	0.966	4.350	4.222	2.9
4	1.118	4.680	4.774	-2.0
8	1.394	5.227	5.326	-1.9
12	1.625	5.644	5.649	-0.1
20	1.915	6.126	6.056	1.1

No.2-5
h1=4cm, Z=2.5 (m)
Q=30.95(L/s)
流入水深　3.034 (cm)
v'　5.10 (m/s)
v'の水深　1.76 (cm)
Fr'　9.35

底面からの距離 (cm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①×100%
2	0.892	4.181	4.061	2.9
4	1.006	4.440	4.516	-1.7
8	1.205	4.859	4.970	-2.3
12	1.402	5.241	5.236	0.1
20	1.619	5.632	5.571	1.1

No.2-6
h1=4cm, Z=2 (m)
Q=22.6 (L/s)
流入水深　2.53 (cm)
v'　4.47 (m/s)
v'の水深　1.30 (cm)
Fr　8.99

底面からの距離 (cm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①×100%
2	0.709	3.726	3.662	1.7
4	0.817	4.000	4.070	-1.7
8	1.019	4.468	4.479	-0.2
12	1.127	4.700	4.718	-0.4
20	1.303	5.053	5.019	0.7

付表－6.7　流入水脈の流速測定結果（1/1模型、h1＝6cm）

No.2-7
h1=6cm, Z=3 (m)
Q=55.0 (L/s)
流入水深　4.76 (cm)
v'　5.78 (m/s)
Fr'　8.46

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①×100%
2	0.985	4.393	4.288	2.4
3	1.093	4.627	4.577	1.1
6	1.286	5.020	5.071	-1.0
9	1.434	5.301	5.361	-1.1
12	1.506	5.433	5.566	-2.4
15	1.654	5.694	5.725	-0.5
18	1.758	5.869	5.855	0.2
24	1.856	6.031	6.060	-0.5
30	1.990	6.245	6.219	0.4
36	2.072	6.372	6.349	0.4
42	2.187	6.546	6.459	1.3

No.2-8
h1=6cm, Z=2.5(m)
Q=44.75 (L/s)
流入水深　4.39 (cm)
v'　5.10 (m/s)
Fr'　7.77

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①×100%
2	0.734	3.792	3.763	0.8
3	0.848	4.077	4.031	1.1
6	1.014	4.458	4.490	-0.7
9	1.149	4.745	4.759	-0.3
12	1.221	4.892	4.949	-1.2
15	1.288	5.023	5.097	-1.5
18	1.395	5.228	5.218	0.2
24	1.522	5.462	5.408	1.0
30	1.584	5.572	5.556	0.3
36	1.657	5.698	5.676	0.4

No.2-9
h1=6cm, Z=2 (m)
Q=33.7 (L/s)
流入水深　3.65 (cm)
v'　4.61 (m/s)
Fr　7.71

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①×100%
2	0.609	3.453	3.499	-1.3
3	0.729	3.779	3.749	0.8
6	0.887	4.170	4.175	-0.1
9	1.008	4.445	4.425	0.4
12	1.097	4.636	4.602	0.7
15	1.169	4.787	4.739	1.0
18	1.198	4.846	4.851	-0.1
24	1.285	5.019	5.029	-0.2
30	1.328	5.102	5.166	-1.3

付表－6.8　流入水脈の流速測定結果（3/2模型、h1＝4.5cm）

No.3-1
h1=4.5 (cm)
Z=4.5 (m)
Q=26.85 (L/s)

流入水深　3.39 (cm)
v'　7.23 (m/s)
Fr'　12.54

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
2.3	1.619	5.633	5.539	1.7
4.5	1.905	6.110	6.205	-1.6
9	2.413	6.877	6.892	-0.2
13.5	2.681	7.248	7.294	-0.6
18	2.928	7.576	7.579	-0.1
22.5	3.157	7.866	7.801	0.8

No.3-2
h1=4.5 (cm)
Z=3.75 (m)
Q=(L/s)

流入水深　3.22 (cm)
v'　6.43 (m/s)
Fr'　11.44

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
2.3	1.308	5.062	4.912	3.0
4.5	1.541	5.496	5.559	-1.1
9	1.881	6.072	6.228	-2.6
13.5	2.196	6.560	6.619	-0.9
18	2.430	6.901	6.896	0.1
22.5	2.669	7.232	7.111	1.7

No.3-3
h1=4.5 (cm)
Z=3.0 (m)
Q=31.9 (L/s)

流入水深　2.86 (cm)
v'　5.57 (m/s)
Fr　10.52

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
2.3	0.994	4.413	4.340	1.6
4.5	1.225	4.899	4.926	-0.6
9	1.500	5.422	5.531	-2.0
13.5	1.764	5.880	5.886	-0.1
18	1.937	6.161	6.137	0.4
22.5	2.075	6.377	6.332	0.7

付表－6.9　流入水脈の流速測定結果（3/2模型、h1＝6 cm）

No.3-4
h1=6(cm)
Z=4.5 (m)
Q=68.8(L/s)
G=5.9cm

流入水深　4.89 (cm)
v'　7.03 (m/s)
Fr'　10.15

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
3	1.614	5.624	5.642	-0.3
6	1.926	6.144	6.147	0.0
12	2.281	6.686	6.652	0.5
18	2.503	7.004	6.947	0.8
30	2.681	7.249	7.319	-1.0

No.3-5
h1=6(cm)
Z=3.75 (m)
Q=56.0(L/s)
G=5.7cm

0.8728　流入水深　4.36 (cm)
v'　6.42 (m/s)
Fr'　9.81

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
3	1.389	5.218	5.195	0.4
6	1.637	5.664	5.701	-0.6
12	1.968	6.211	6.207	0.1
18	2.166	6.515	6.503	0.2
30	2.412	6.875	6.876	0.0

No.3-6
h1=6 (cm)
Z=3.0 (m)
Q=44.4 (L/s)

流入水深　3.79 (cm)
v'　5.86 (m/s)
Fr　9.62

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
3	1.124	4.693	4.703	-0.2
6	1.355	5.152	5.229	-1.5
9	1.650	5.687	5.537	2.6
15	1.803	5.945	5.924	0.3
30	2.069	6.367	6.450	-1.3

付表－6.10　流入水脈の流速測定結果（3/2模型、h1＝9 cm）

No.3-7
h1=9 (cm)
Z=4.5 (m)
Q=99.4 (L/s)

流入水深　6.837 (cm)
v'　7.27 (m/s)
Fr'　8.88

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
4.5	1.735	5.831	5.925	-1.6
9	2.224	6.602	6.525	1.2
18	2.649	7.205	7.124	1.1
27	2.922	7.567	7.475	1.2
36	3.088	7.780	7.723	0.7
45	3.158	7.867	7.916	-0.6
54	3.192	7.910	8.074	-2.1

No.3-8
h1=9 (cm)
Z=3.75 (m)
Q=81.1 (L/s)

流入水深　6.3 (cm)
v'　6.44 (m/s)
Fr'　8.20

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
4.5	1.436	5.305	5.345	-0.7
9	1.758	5.869	5.867	0.0
18	2.156	6.500	6.389	1.7
27	2.350	6.786	6.694	1.4
36	2.414	6.879	6.910	-0.5
45	2.461	6.944	7.079	-1.9

No.3-9
h1=9 (cm)
Z=3.0 (m)
Q=61.0 (L/s)

流入水深　5.63 (cm)
v'　5.42 (m/s)
Fr　7.30

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
4.5	1.054	4.545	4.562	-0.4
9	1.273	4.995	5.008	-0.3
18	1.555	5.521	5.455	1.2
27	1.683	5.743	5.716	0.5
36	1.777	5.901	5.902	0.0
45	1.827	5.983	6.045	-1.0

付表－6.11　流入水脈の流速測定結果（2／1模型、h1＝6 cm）

No.4-1
h1=6 (cm)
Z=6.0 (m)
Q=79.1(L/s)
G=5.7 (cm)
流入水深　4.68 (cm)
v'　8.45 (m/s)
Fr'　12.48

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
2	2.465	6.951	6.863	1.3
3	2.560	7.084	7.164	-1.1
6	2.978	7.639	7.677	-0.5
12	3.456	8.230	8.191	0.5
18	3.670	8.481	8.491	-0.1

No.4-2
h1=6 (cm)
Z=5.0 (m)
Q=66.3(L/s)
G=5.5 (cm)
流入水深　4.2 (cm)
v'　7.89 (m/s)
Fr'　12.29

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
2	2.060	6.353	6.427	-1.2
3	2.189	6.549	6.717	-2.6
6	2.560	7.084	7.213	-1.8
12	2.952	7.607	7.708	-1.3
18	3.166	7.877	7.998	-1.5

No.4-3
h1=6 (cm)
Z=4.0 (m)
Q=51.6(L/s)
G=5.1(cm)
流入水深　3.68 (cm)
v'　7.00 (m/s)
Fr　11.66

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
2	1.700	5.771	5.735	0.6
3	1.808	5.952	6.004	-0.9
6	2.123	6.451	6.464	-0.2
12	2.509	7.013	6.923	1.3
18	2.630	7.179	7.192	-0.2
24	2.746	7.336	7.383	-0.6

付表－6.12　流入水脈の流速測定結果（2/1模型、h1＝8cm）

No.4-4
h1=8(cm)
Z= 6.0(m)
Q=107.2(L/s)
G=8.0cm
流入水深　6.00 (cm)
v'　8.93 (m/s)
Fr'　11.64

底面からの距離 (cm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
2	2.950	7.604	7.612	-0.1
4	3.294	8.034	7.991	0.5
8	3.518	8.303	8.371	-0.8
16	3.961	8.811	8.750	0.7
24	4.143	9.011	8.972	0.4
32	4.189	9.061	9.130	-0.8

No.4-5
h1=8(cm)
Z= 5.0(m)
Q=89.0(L/s)
G=7.6cm
流入水深　5.58 (cm)
v'　7.97 (m/s)
Fr'　10.78

底面からの距離 (cm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
2	1.992	6.248	6.300	-0.8
4	2.368	6.812	6.801	0.2
8	2.824	7.440	7.301	1.9
16	3.129	7.831	7.802	0.4
24	3.239	7.968	8.094	-1.6
32	3.338	8.088	8.302	-2.6

No.4-6
h1=8 (cm)
Z=4.0 (m)
Q=68.0(L/s)
G=7.1 (cm)
流入水深　4.85 (cm)
v'　7.01 (m/s)
Fr　10.16

底面からの距離 (cm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
2	1.388	5.215	5.300	-1.6
4	1.767	5.885	5.866	0.3
8	2.221	6.598	6.433	2.5
16	2.612	7.155	7.000	2.2
24	2.704	7.280	7.332	-0.7
32	2.767	7.364	7.567	-2.8

付表－6.13　流入水脈の流速測定結果（2/1模型、h1＝12cm）

No.4-7
h1=12 (cm)
Z=6.0 (m)
Q=155.1(L/s)
G=11.7 (cm)
流入水深　9.76 (cm)
v'　7.95 (m/s)
Fr'　8.12

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
2	2.112	6.433	6.468	-0.5
6	2.532	7.045	7.032	0.2
12	2.824	7.439	7.388	0.7
24	3.133	7.836	7.744	1.2
36	3.199	7.918	7.952	-0.4
48	3.274	8.011	8.099	-1.1

No.4-8
h1=12 (cm)
Z=5.0 (m)
Q=131.3(L/s)
G=11.4 (cm)
流入水深　9.1 (cm)
v'　7.22 (m/s)
Fr'　7.65

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
2	1.689	5.754	5.847	-1.6
6	2.150	6.491	6.382	1.7
12	2.396	6.852	6.720	1.9
24	2.573	7.101	7.058	0.6
36	2.640	7.193	7.255	-0.9
48	2.695	7.268	7.396	-1.8

No.4-9
h1=12 (cm)
Z=4.0(m)
Q=97.1(L/s)
G=10.4 (cm)
流入水深　7.48 (cm)
v'　6.49 (m/s)
Fr　7.58

底面からの距離 (mm)	速度水頭 (m)	流速 実測値① (m/s)	流速 近似式② (m/s)	(①-②)/①
2	1.362	5.166	5.255	-1.7
6	1.758	5.869	5.773	1.6
12	2.028	6.304	6.100	3.2
24	2.122	6.448	6.426	0.3
36	2.169	6.520	6.617	-1.5
48	2.234	6.617	6.753	-2.0