ISSN 0386－5878
土木研究所資料 第3850号

土 木 研 究 所 資 料

摺上川ダム水位低下及び利水・低水放流設備水理模型実験報告書

－底面が円弧形状のジェットフローゲートの適用－

平成14年2月

独 立 行 政 法 人 土 木 研 究 所
水工研究グループダム水理チーム

Copyright © (2001) by P.W.R.I.

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

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

土木研究所資料
第3850号2002年2月

摺上川ダム水位低下及び利水・低水放流設備水理模型実験報告書

ー底面が円弧形状のジェットフローゲートの適用ー

水工研究グループダム水理チーム　上席研究員　柏井　条介
企画部研究企画課　塚原　千明*

要　旨

本報告書は、平成12年度及び13年度に、旧土木研究所（建設省及び国土交通省）ダム部水工水資源研究室及び独立行政法人土木研究所水工研究グループダム水理チームにて実施した摺上川ダム水位低下用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。

摺上川ダムの水位低下用放流設備では、必要に応じ微小開度放流による利水・低水流量の補給に用いることが計画されている。このための流量調節用ゲートとして、水位低下用設備や利水・低水放流設備として多く用いられてきているジェットフローゲートの使用が計画されているが、通常のジェットフローゲートでは、流量調節時の移動精度を確保するための開閉装置がコスト高になることが懸念された。そこで、微小開度操作における流量変化当たりの移動距離を大きくするとともに、放流水脈の拡幅・飛散の傾向が強いジェットフローゲートの放流流況を改善することを目的に、底面形状を円弧としたジェットフローゲートの適用を検討することとなった。

本水理模型実験では、上記ジェットフローゲートの水理特性を明らかにし、その適用性を検討した。また、トンネル内放流を行う場合の導流方法について、従来型の整流管による方法ではなく、ゲートの放流水脈の特性に見合った水路方式の開発を行った。

キーワード：水位低下用放流設備、ジェットフローゲート、トンネル内放流

*前国土交通省土木研究所ダム部水工水資源研究室研究員

目　次

1．はじめに…… 1
2．実験結果のまとめ…… 2
3．水理模型実験…… 8
3.1　実験概要 …… 8
3.2　ゲートの比較検討 …… 9
3.2.1　模型及び実験条件 …… 9
3.2.2　ゲートの水理特性 …… 11
1）放流量特性…… 11
2）放流水脈の性状…… 12
3）まとめ…… 34
3.3　整流方法の検討 …… 38
3.3.1　整流管案(原案)の水理模型実験 …… 38
3.3.2　導水路案の作成 …… 57
3.3.3　導水路案(最終案)の水理模型実験 …… 64
3.4　トンネル出口湾曲部の流水処理 …… 77

図 目 次

図－2.1　摺上川ダム水位低下及び利水・低水放流設備（最終案）…… 2
図－2.2　CとGの関係 …… 6
図－2.3　CとH/D，Gの関係 …… 7
図－3.2.1　摺上川ダム水位低下及び利水・低水放流設備　1/10模型概要 …… 10
図－3.2.2　水理諸量説明図 …… 12
図－3.2.3　実験上流管路の摩擦損失係数fとレイノルズ数Reの関係 …… 13
図－3.2.4　下向き角θとGの関係 …… 31
図－3.2.5　拡幅角θ_1, θ_2の説明図 …… 32
図－3.2.6　θ_1, θ_2とGの関係（円弧） …… 33
図－3.2.7　θ_1, θ_2とGの関係（直線） …… 33
図－3.2.8　Cdと⊿l /Dの関係（円弧：H/D=20） …… 35
図－3.3.1　整流管案（原案） …… 38
図－3.3.2　1/20模型概要 …… 40
図－3.3.3　風速測定位置（原案） …… 57
図－3.3.4　空気管上下流端の空気量（原案：模型値） …… 58
図－3.3.5　トンネル内及び出口の風速分布（原案：模型値） …… 60
図－3.3.6　予備実験形状 …… 63
図－3.3.7　導水路内の壁面作用圧力 …… 72
図－3.4.1　検討を行ったブロック形状 …… 78
図－3.4.2　湾曲部付近の左岸側水面形の比較 …… 87
図－3.4.3　トンネル内水面形（最終案） …… 89
図－3.4.4　空気流の状況（最終案：模型値） …… 90

表 目 次

表－1.1　摺上川ダム基本諸元 …… 1
表－2.1　ゲート開度Gと流量係数Cの関係 …… 5
表－3.1.1　摺上川ダム水位低下用放流設備水理模型実験概要 …… 8
表－3.2.1　ゲート比較実験での観測項目と実験条件 …… 11
表－3.3.1　空気管上下流端の空気量（模型値） …… 59

写 真 目 次

写真－3.2.1　放流水脈状況（円弧：H/D＝20） …… 14
写真－3.2.2　放流水脈状況（直線：H/D＝20） …… 23
写真－3.3.1　整流管及びトンネルの流況（円弧：H/D＝27.5） …… 41
写真－3.3.2　整流管及びトンネルの流況（直線：H/D＝27.5） …… 49

写真－3.3.3　低水頭時の水脈の跳ね上がり例（H/D＝5，G＝100%）…… 64
写真－3.3.4　導水路案の流況（デフレクター長1.0m）…… 65
写真－3.3.5　導水路案の流況（デフレクター長0.5m）…… 70
写真－3.3.6　導水路案の流況（デフレクター長0.75m）…… 71
写真－3.4.1　ブロックによる水脈の飛散例（原案）…… 81
写真－3.4.2　ブロック案7（最終案）の流況（H/D＝27.6）…… 82

巻末資料集目次

付表－1　H～Q～Gの関係（ゲート底面形状：円弧）…… 95
付表－2　H～Q～Gの関係（ゲート底面形状：直線）…… 96
付表－3　放流水脈上面の水面形測定結果（円弧）…… 97
付表－4　放流水脈上面の水面形測定結果（直線）…… 101
付表－5　放流水脈側方の水面形測定結果（円弧）…… 104
付表－6　放流水脈側方の水面形測定結果（直線）…… 107
付表－7　ゲート作用圧力とCd（円弧）…… 110
付表－8　空気管上下流端の風速測定結果（円弧：模型値）…… 118
付表－9　空気管上下流端の風速測定結果（直線：模型値）…… 119
付表－10　トンネル内及びトンネル出口の風速測定結果（円弧：模型値）…… 120
付表－11　トンネル内及びトンネル出口の風速測定結果（直線：模型値）…… 126
付表－12　導水路内の壁面作用圧力 …… 128
付表－13　トンネル内水面形（最終案）…… 133
付表－14　トンネル内の空気流測定結果（最終案：模型値）…… 134

1. はじめに

本報告書は、平成12年度及び13年度に、旧土木研究所（建設省及び国土交通省）ダム部水工水資源研究室及び独立行政法人土木研究所水工研究グループダム水理チームにて実施した摺上川ダム水位低下及び利水・低水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。

摺上川ダムの水位低下用放流設備では、必要に応じ微小開度放流による利水・低水流量の補給に用いることが計画されている。**表－1.1**に摺上川ダムの基本諸元を示す。緊急時の水位低下のため、常時満水位で最大約160m³/sの放流能力が必要であり、口径2.8mのジェットフローゲートが計画されている。本施設により数m³/sの利水・低水放流も併せて行おうというものであるが、通常のジェットフローゲートでは、流量調節時の移動精度を確保するための開閉装置がコスト高になることが懸念された。そこで、微小開度操作における流量変化当たりの移動距離を大きくするとともに、放流水脈の拡幅・飛散の傾向が強いジェットフローゲートの放流流況を改善することを目的に、底面形状を円弧としたジェットフローゲートの適用を検討することとなった。

水理模型実験では、上記ジェットフローゲートについて放流量や放流水脈の特性を、従来型ゲートとの比較検討により明らかにし、円弧形状のジェットフローゲートが適用可能であることを示した。また、トンネル内放流を行う場合の導流方法について、従来型の整流管による方法ではなく、ゲートの放流水脈の特性に見合った水路方式の開発を行っている。

本水理模型実験の担当者は以下の通りであり、報告書のとりまとめは、柏井が行った。

柏井条介（平成12、13年度:旧土木研究所ダム部水工水資源研究室長及び独立行政法人土木研究所水工研究グループダム水理チーム上席研究員）

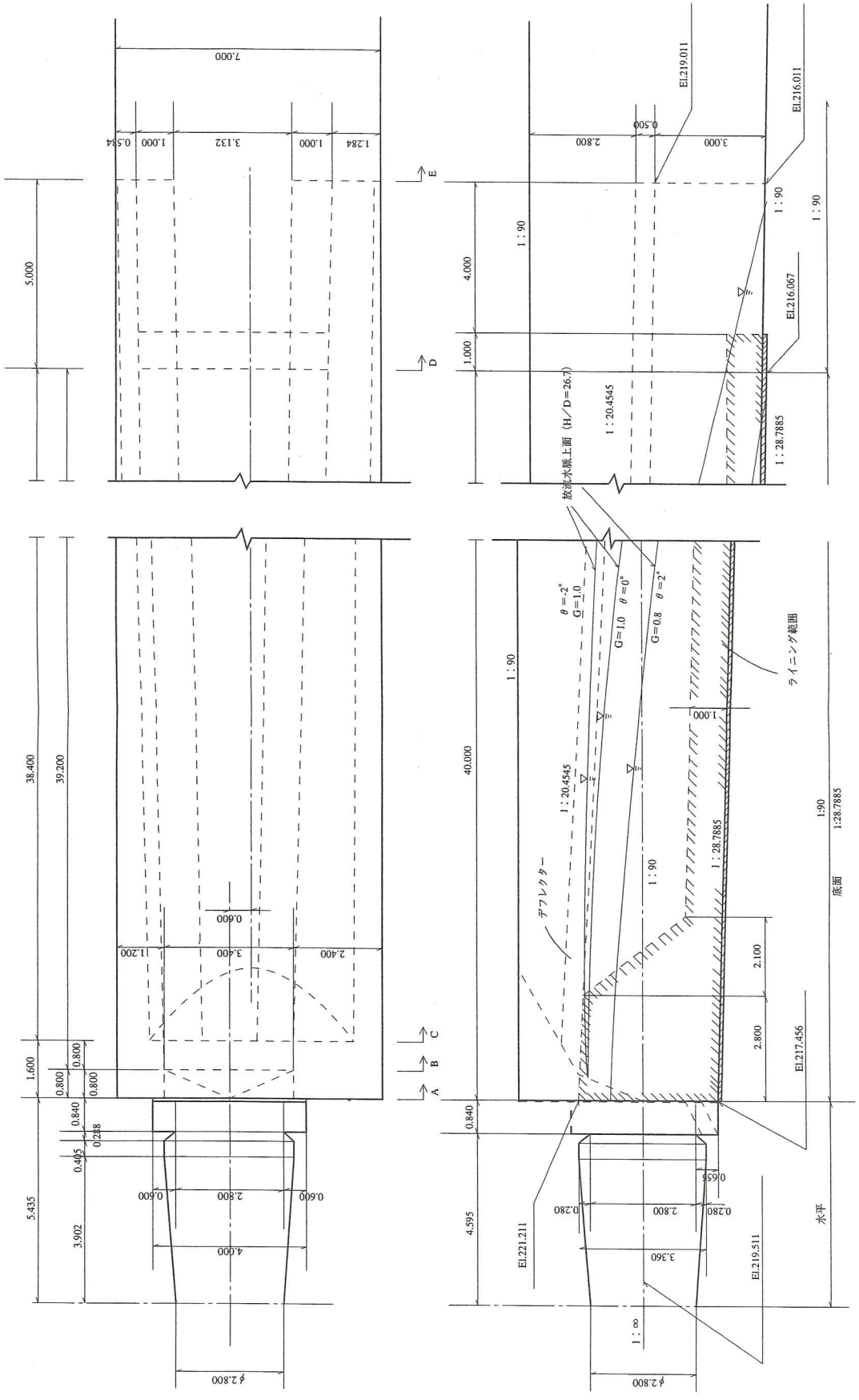
塚原千明（平成12年度：旧土木研究所ダム部水工水資源研究室研究員）

表－1.1　摺上川ダム基本諸元

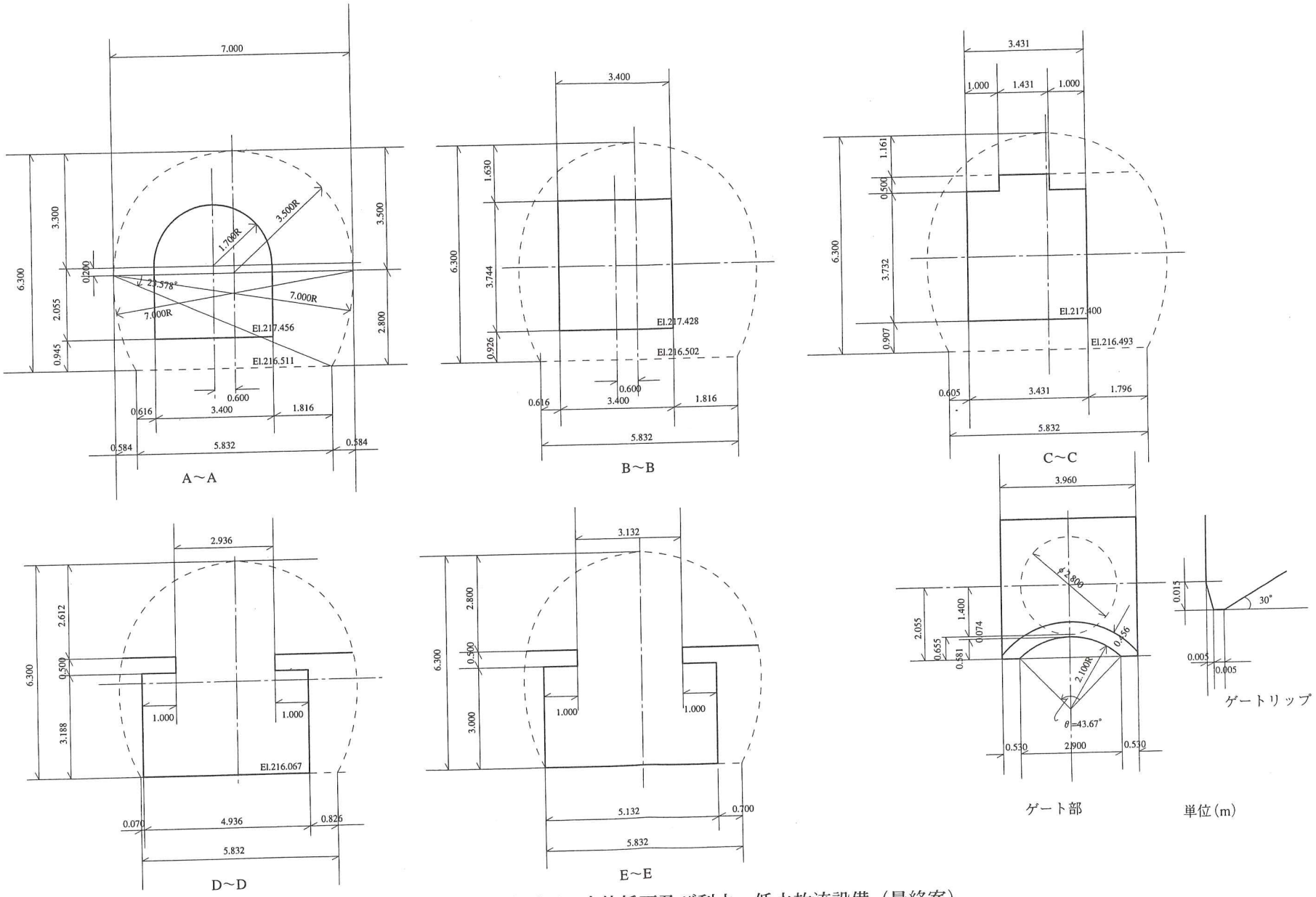
サーチャージ水位	EL.306.5m	洪水調節容量	47,000×10³m³
常時満水位	EL.296.5m	非洪水期利水容量	107,000×10³m³
洪水期制限水位	EL.295.0m	洪水期利水容量	101,000×10³m³
最低水位	EL.245.0m	堆砂容量	5,000×10³m³
		総貯水容量	153,000×10³m³

2．実験結果のまとめ

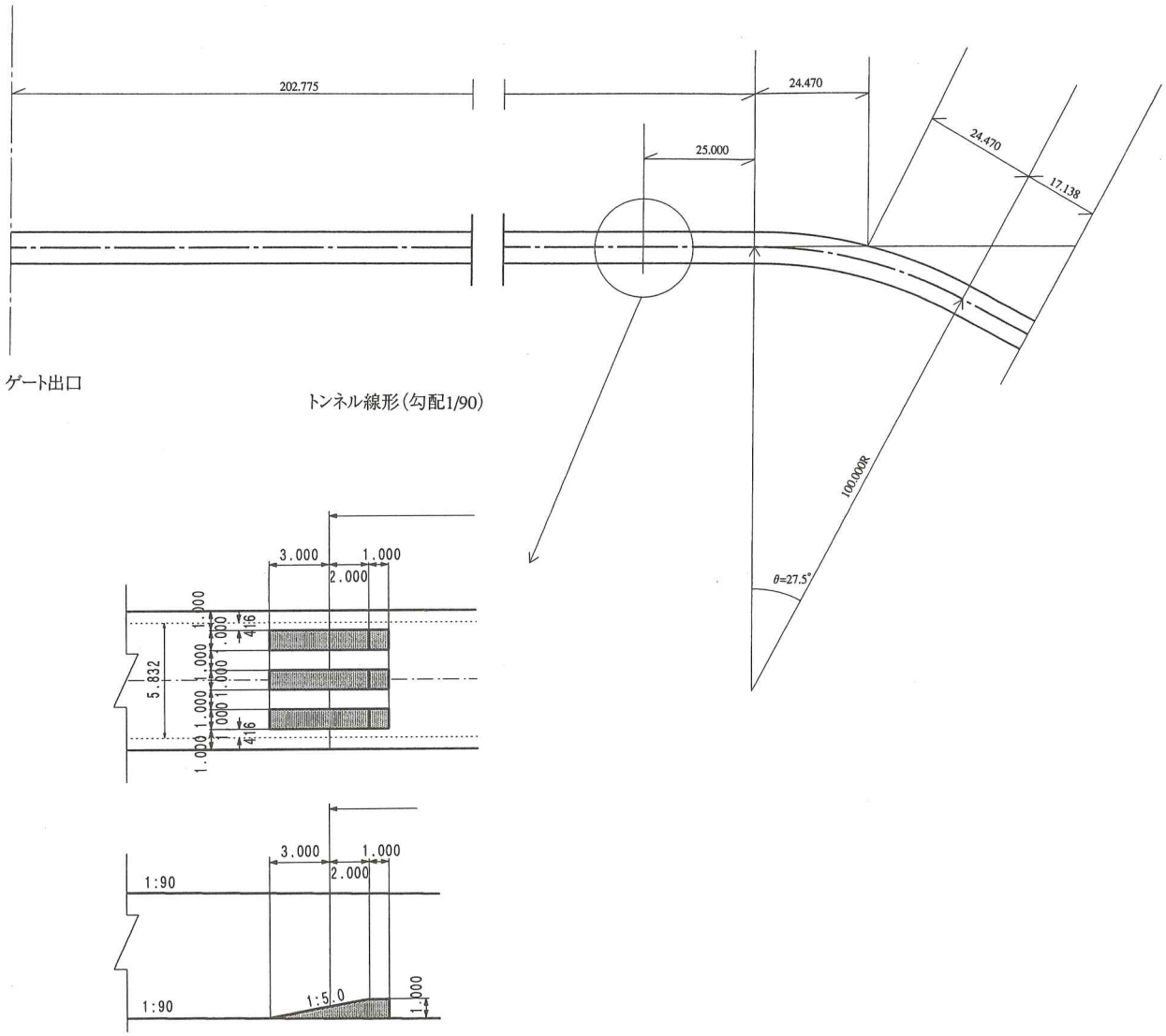
水理模型実験の結果得られた摺上川ダム水位低下及び利水・低水放流設備の水理設計形状を**図－2.1(1)～(3)**に示す。



図－2.1(1)　摺上川ダム水位低下及び利水・低水放流設備（最終案）



図－2.1(2)　摺上川ダム水位低下及び利水・低水放流設備（最終案）



単位(m)

図－2.1(3)　摺上川ダム水位低下及び利水・低水放流設備（最終案）

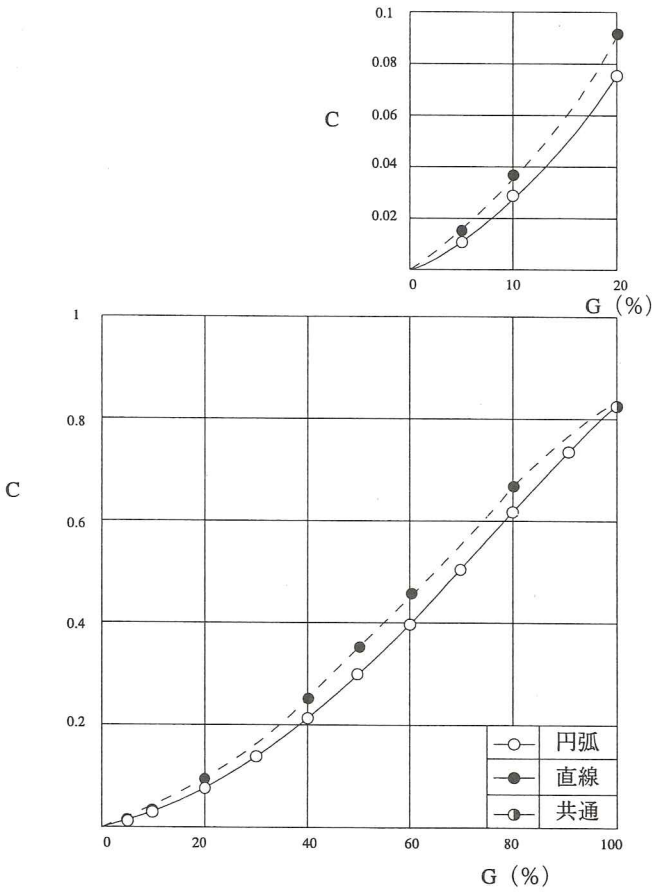
ゲートは、従来の直線ゲートに対し、底面を円弧形状としたジェットフローゲートを採用している。底面を円弧とすることにより、小開度時の流量調節のためのゲート移動距離を大きくしてゲート制御を容易なものとするとともに、放流水脈の拡幅・飛散状況を軽減することが可能になっている。また、放流水脈をスムースにトンネル断面に擦り付けるため、従来型の整流管方式ではなく、底面を傾斜させた漸拡水路を用いている。側壁上部のデフレクターは、比較的低水位時に生じる側壁沿いの水脈の跳ね上がりを制御するため設けたものである。

トンネル出口湾曲部の上流には、ブロックを設けている。これは、水位低下放流時のトンネル内流速が比較的大きく、湾曲部において、水脈がトンネル天井付近まで達し、原型では、旋回流となることが懸念されたことに対する措置である。ブロックは、水脈の分散による減勢効果を有しており、湾曲部の水脈の這い上がり高を低減することができている。

ゲート開度 G（%）と次式で表される流量係数の関係を**表－ 2.1** 及び**図－ 2.2** に示す。

表－ 2.1　ゲート開度 G と流量係数 C の関係

円弧		直線	
ゲート開度 G(%)	流量係数 C	ゲート開度 G(%)	流量係数 C
5	0.0114	5	0.0145
9.9	0.0290	10.0	0.0364
20.1	0.0749	19.9	0.0916
29.8	0.138	－	－
39.8	0.213	39.9	0.254
49.8	0.299	49.3	0.356
59.8	0.395	60.0	0.459
70.2	0.504	－	－
79.8	0.621	79.8	0.670
90.5	0.743	－	－
100	0.832	100	0.832



図－2.2　CとGの関係

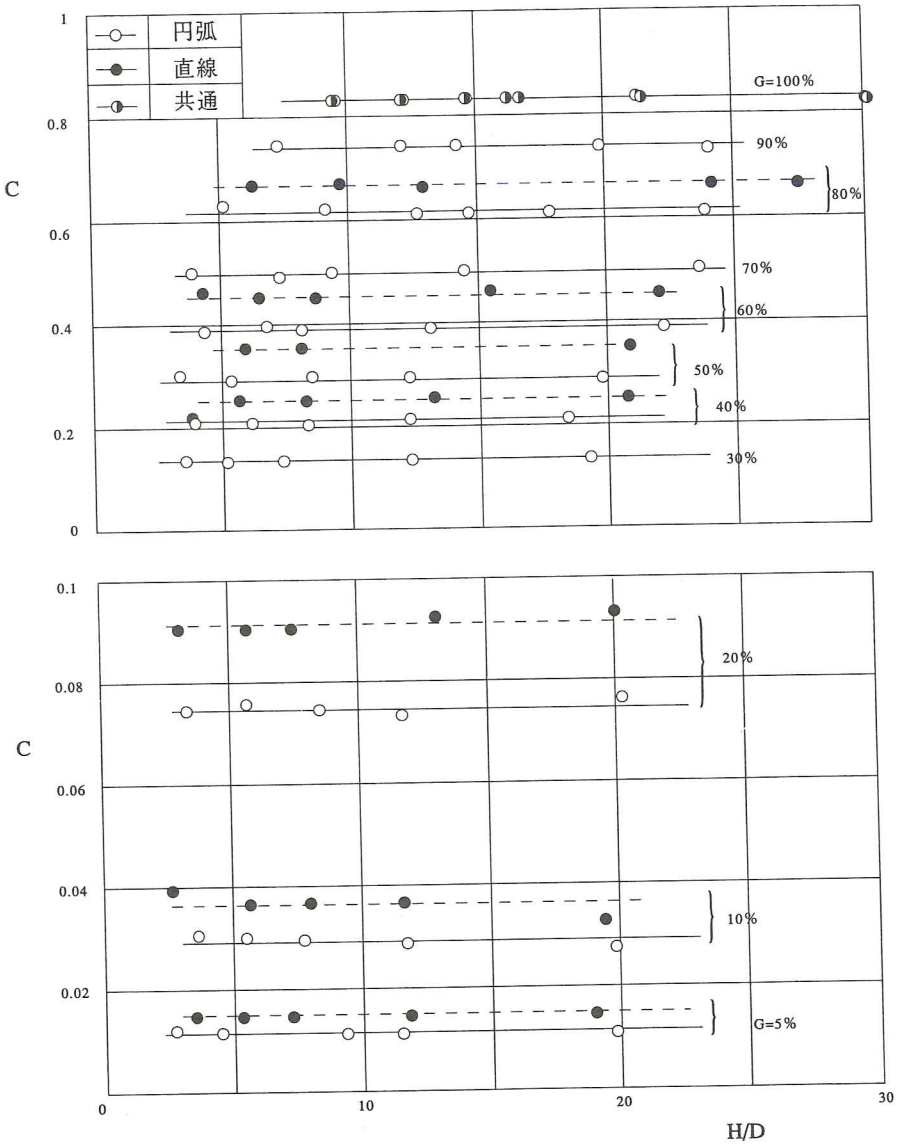
$$C = Q / A\sqrt{2gH} \tag{2.1}$$

ここに、Q：放流量、A：放流管出口断面積（$=\pi D^2/4$：Dは放流管出口口径＝2.8m）、g：重力加速度、H:管中央標高（EL.219.511m）を基準とするジェットフローゲート漸拡管上流端での全水頭である。表及び図中には、従来型の底面が直線の場合の結果も併せて示しているが、同じGでの流量係数は、円弧のものが直線のものより小さい値を示しており、小開度での流量変化当たりのストロークが大きく、ゲート制御上有利であることが確認される。円弧と直線の比は、ゲート開度5％で0.79、10～40%で0.82～0.84、60～80%で0.86～0.93であり、開度が大きくなるに従ってその差も小さくなる傾向がある。また、直線のゲートでは開度100%に近くなると流量係数の増加率が鈍化していく傾向があるが、円弧では比較的スムーズに100%開度放流へと繋がっていくことが分かる。

ここで、管路流の流量係数は、あるゲート開度において、次のようなHの関数式で表されることが知られている。

$$C = \sqrt{a - bD / H}$$

ここに、a、b:定数である。式形から分かるように、CはHが大きくなるに従って一定値に近づく。実験でのCとG、H/Dの関係を**図－2.3**に示す。操作水位を考慮した実験範囲では、CはH/Dによらずほぼ一定であり、**表－2.1**、**図－2.2**では一定値として表している。



図－2.3　CとH/D，Gの関係

3．水理模型実験

3.1　実験概要

表－3.1.1 に、本水理模型実験の実験概要を示す。実験は、土木研究所ダム水理実験施設別棟において、高速流実験装置を用いて実施した。

表中、「ゲート形式の比較検討」実験では、底面が円弧及び直線の両者について、放流特性、放流水脈の比較検討を行った。放流水脈については、主流とともにヒレ状水脈の状況把握も重要と考え、縮尺１／10の比較的大規模な鋼製模型を用いている。

実験の結果、底面が円弧形状の場合が、小開度での放流量が小さくゲート制御上有利なこと、水脈の拡幅や飛散が少なく流況が安定していることが明らかになり、摺上川ダム水位低下及び利水・低水放流ゲートとして底面が円弧のジェットフローゲートを用いることとした。

本放流設備は、トンネル内放流が考えられており、「放流水脈の処理方法の検討」では、ゲート放流水のトンネルへの導流方法の検討を実施した。トンネル部分を再現することから模型縮尺は１／20としている。

導流方法として、原案では従来から用いられてきている整流管による方法が考えられており、円弧、直線の両ゲートについて比較検討したが、原案実験の結果，原案の整流管長が短く形状変更が必要となった。修正案の検討では、整流管を延長させる方法も考えられたが、円弧ゲートの流況が

表－3.1.1　摺上川ダム水位低下用放流設備水理模型実験概要

目　的		模型縮尺・再現範囲	検　討　内　容
ゲート形式の比較検討		・縮尺 1/10 ・漸拡管及びゲート	・底面が円弧、直線の場合について、放流量特性、水脈特性を調査し、比較検討。円弧案を採用。 ・底面が円弧の場合について、ゲート部の圧力特性を調査。
放流水脈の処理方法の検討	原案（整流管案）	・縮尺 1/20 ・漸拡管、ゲート、整流(導流)施設、下流トンネル	・原案（整流管案）について、底面が円弧、直線の両者について流況調査し、適応性を検討。整流部等の修正の要ありと結論。
	予備検討		・トンネルへの導流を導水路で行う方法について流況調査により予備検討。導水路案の適用検討を進めると判断。
	最終案（導水路案）		・導水路案について流況、圧力調査により形状検討を実施。最終案を得る。 ・トンネル出口湾曲部の這い上がり低減措置について検討し、ブロック設置案を提示。トンネル内水面形、空気流について確認。

直線ゲートのものより悪化しており、乱れの少ない円弧ゲートでは整流管はかえって流況を悪化させると考えられること、また整流管からの放流水は管長を長くしたとしてもトンネル側壁沿いに大きく跳ね上がるであろうことが予想されることから、整流管による方法は必ずしも得策ではないと考え、新たに、上方を解放した水路形式の導流方法を検討することとした。

表中の予備検討は、水路形式の導流による大まかな流況を把握するため実施したものであり、その結果を受けて、修正案を作成し、確認実験を行った。**図－2.1** に示した最終案形状はこうして得られた最終案である。

原案形状では、整流管の他、トンネル湾曲部における水脈の這上がりが大きいことも問題視された。実験では、水路形式の整流最終案において、ブロックによるトンネル湾曲部這上がり低減方法を提示し、本案をもってトンネル内水面形及び空気流の最終確認を行った。

以下、具体的内容について詳述する。なお、本実験の対象とする水理現象は、重力の影響が卓越していると考えられることから、特に断らない限り、フルードの相似則により原型換算した値を用いて記述を進めることとする。

3.2 ゲートの比較検討

3.2.1 模型及び実験条件

図－3.2.1 に実験で用いた模型概要を示す。漸拡管及びゲート形状は**図－2.1(1)** に示した通りである。模型縮尺は 1/10 であり、上流側に 10m の直管を設け、既設整流装置下流に接続した。模型再現区間は、漸拡管上流端からゲート戸溝までであり、ゲートからの放流水脈特性を把握するため、下流は大気放流とした。また、ゲート底面形状は、円弧、直線の 2 形状であり、円弧のものについては、ゲートへの作用圧力を測定するためピエゾを配置した。

実験での観測項目及び実験条件を**表－3.2.1** に示す。観測項目は、管出口中央を基準とする漸拡管上流端での全水頭 H とゲート開度 G（開口部の最大鉛直高さを放流管出口口径 D で除したもの(%)）・放流量 Q の関係、戸溝下流放流水脈の水脈幅・上面水面形及び流況である。また、底面が円弧のゲートについては、圧力測定を行った。

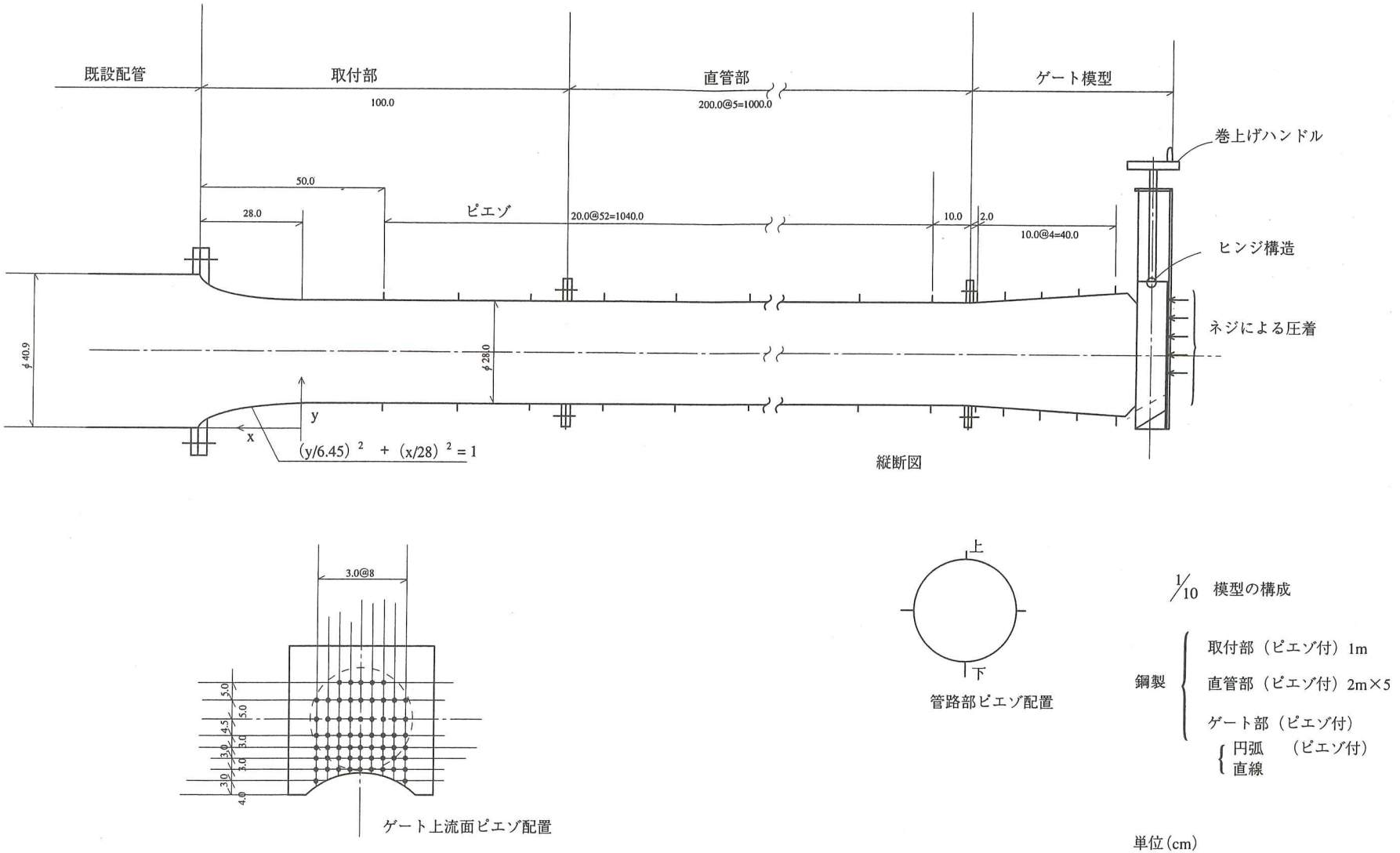
表－3.2.1 にも示したが、以下の解析検討では、原型の貯水位ではなく、主として H/D（漸拡管上流端での全水頭／出口径）のパラメータを用いている。これは、管路延長が長く、上流管路での摩擦等のエネルギー損失の影響を考慮すると、実験条件の設定は勿論、記述が複雑で分かりにくくなるためである。本報告書は、原型での種々の検討において利用可能な資料を提供することにあり、上流の損失の影響については無視した整理を行うこととした。ただし、原型との対応は想定しておく必要があり、以下の検討に先立ち、ここで概略整理しておく。

エネルギー損失量は、一般に速度水頭、即ち放流量の 2 乗に比例するものとして扱われる。当然のことながらゲート全閉において損失ゼロになり全開において損失が最大になる。常時満水位を操作最高水位とすると、全閉・全開それぞれでの最大の H/D は次の通りである。

① 全閉時：$H = 296.5 - 219.511 = 76.989$m より、$H/D = 27.5$

② 全開時：摺上川ダム資料によれば、流量係数を 0.84 とした場合の放流量が 158m³/s である。これから逆算して $H = 47.6$m、$H/D = 17$ である。

②については、損失水頭の影響がかなり大きい。一般に放流能力の検証は施設の老朽化による壁面粗度変化を勘案して行なわれており、マニングの粗度係数 n（＝径深$^{2/3}$エネルギー勾配$^{1/2}$／断面平均流速）による表現を用いると、コンクリート及び鋼管の粗度変化を勘案した粗度係数として例え



図－3.2.1　摺上川ダム水位低下及び利水・低水放流設備　1/10 模型概要

表－3.2.1　ゲート比較実験での観測項目と実験条件

観測項目	ゲートタイプ（底面形状）	
	円弧	直線
放流量	G=5,10,20,30,40,50,60,70,80,90,100% 最小 2.7～9.6D、最大 18.6～30.0D （G により H の範囲がやや異なる）	G=5,10,20,40,60,80,100% H=最小 3.4～9.6D、最大 17.6 から 30.0D （G により H の範囲がやや異なる）
水脈幅	G=3,5,10,20,40,50,60,80,100% H＝10,15,20D 程度	G=3,5,10,20,40,50,60,80% H=10,15,20D 程度
水脈上面水面形	G＝10,20,40,50,60,80,100% H＝10,15,20D 程度	G＝10,20,40,50,60,80,100% H＝10,15,20D 程度

ば次の値が多く用いられている。

コンクリート：n ＝ 0.014 ～ 0.023　（水理公式集）

鋼管　　：n ＝ 0.01 ～ 0.014　（ダム堰施設技術基準（案））

上記値を使用するものとし、最小値と最大値の係数比をとると、コンクリートでは、6 割程度、鋼管では 7 割程度となる。こうした粗度変化は、施設の環境や維持管理状況等によりかなり異なることが推察されるが、今、6 ～ 7 割の粗度係数の低下がある場合を想定すると、エネルギー勾配は粗度係数の 2 乗に比例することから、仮に流量が同じとすると、損失水頭は 4 割から 5 割程度になる。従って、H/D は 22 ～ 24 程度となる。仮に全開とすると、放流量は 158m³/s より大きくなるので、H/D はこれより小さくなるが、現実に生じ得る範囲として、②に対し、24 程度の場合も想定する必要があろう。

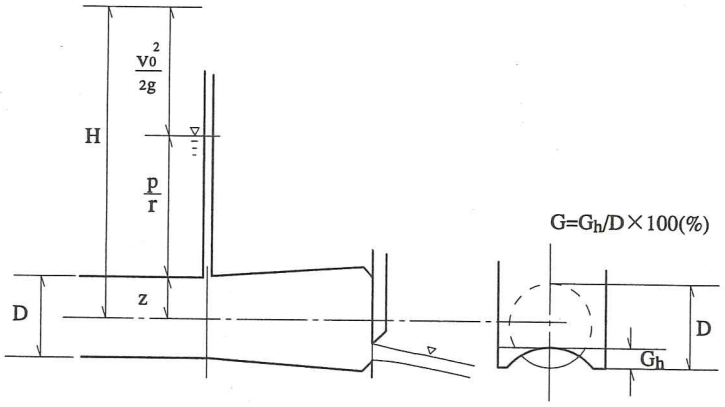
なお、**表－3.2.1** に示すように本実験では H/D の最大は 20 程度としている。これは、模型規模が大きく、実験施設の観点から余り大きな H/D を使った実験は得策でないこと、放流特性や水脈形状等については、無次元化等による処理により、H の影響を評価できることを勘案しての設定である。H/D の影響が生じるのは主として整流管やトンネル内流況であり、これについては後に述べるように、H/D ＝ 20 及び 27.5 程度を目安に実験条件を与えている。

損失の影響が大きいことは、管壁面の状態により放流量が変化することを意味している。実操作の検討では、放流量変化が与える影響を評価する必要があり、問題があると考えられる場合には、流量によるリアルタイムの流量監視が必要であるので注意が必要である。

3.2.2　ゲートの水理特性

1）放流量特性

放流量特性は、漸拡管上流端での全水頭 H（管軸を基準）にて整理を行い、放流量 Q、ゲート開度 G（＝ $100G_h/D$(%)、G_h：開口部最大鉛直高）との関係を調査した（**図－3.2.2** 参照）。ここで、漸拡管上流端の全水頭としたのは、漸拡管の管長が短く摩擦損失の影響は小さいと考えたこと及び漸拡によるエネルギー損失の影響が不明であり、漸拡部も含めた流量評価が適当と考えたことによる。



図－ 3. 2. 2　水理諸量説明図

Hは、漸拡管上流に設けた直管部のエネルギー勾配を計測することにより算定されるが、ケース毎にエネルギー勾配の計測を行うことは多大な労力を要する。このため、まず、流量を変化させて10断面（上下左右の4側点）程度で壁面作用圧力測定を行い、摩擦損失係数fとレイノズル数Reの関係を求めた。このfを用いて、放流条件毎に断面の異なる3点の圧力計測点から各々Hを求め、その平均値を用いることとした。f及びReは次式で定義される。

$$f = \frac{D_0 i}{v_0^2 / 2g} \tag{3.2.1}$$

$$\mathrm{Re} = v_0 D_0 / \nu \tag{3.2.2.}$$

ここに、D_0：直管部管径、i：エネルギー勾配、v_0：直管部断面平均流速、g：重力加速度、ν：動粘性係数である。**図－ 3.2.3** に求められたfとReの関係を示す。なお、3点の計測点から算定されたHは、ほぼ同一の値を示しており、上流管路のfとReの関係は次式で表される。

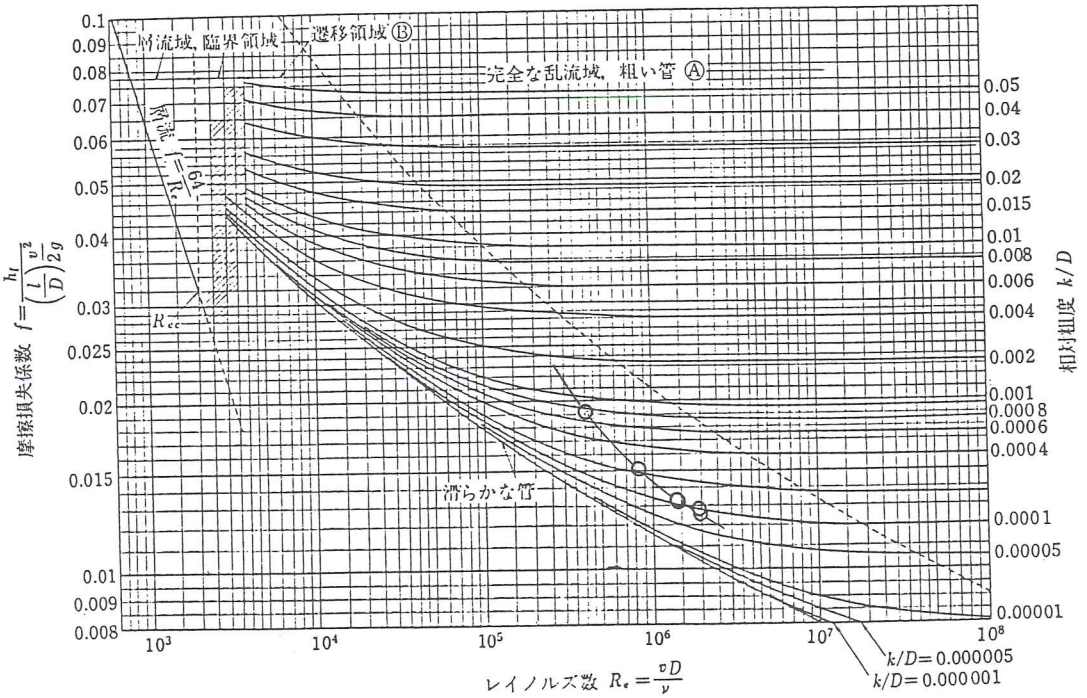
$$f = 0.749 R_e^{-0.284} \tag{3.2.3}$$

得られた放流量特性は、2章に示した通りであり、同じGでの開口面積の小さい円弧形状の流量係数が直線のそれより小さく、小開度での流量変化当たりのストロークを大きくとることができる。ただし、円弧と直線の比率は、ゲート開度5％で0.79であり、その差はそれ程大きくはない。差を大きくするためには円弧半径を小さくする必要があるが、小さな半径はゲートの下方向への突き出しが大きくなることを意味しており、大きな差を得るために小さい円弧を採用するのは得策ではないであろう。この場合には、黒田[1)]らが提案しているような三角形の切り欠き等他の形状がより有利であろうが、本放流設備では円弧のもので制御施設の対応は十分可能として検討を進める。

2）放流水脈の性状

a．流況

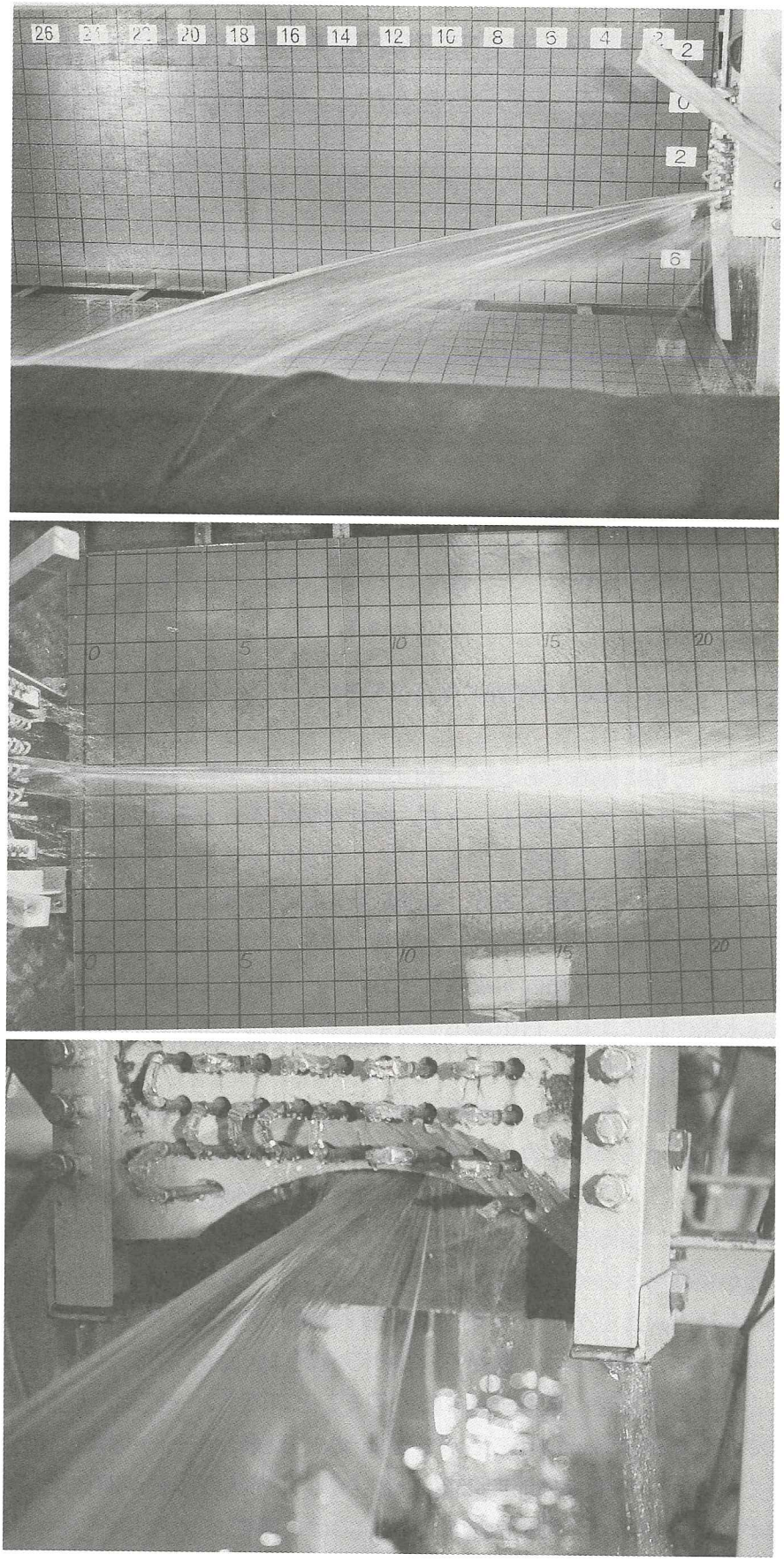
写真－ 3.2.1(1) ～ (9) 及び **3.2.2(1) ～ (8)** にそれぞれ底面が円弧及び直線の場合の流況を示す（**写真－ 3.2.1(9)** の全開時流況は両者に共通）。写真は、H/Dが約20の場合のものであるが、他の水頭においても、水脈の状況はほぼ同様であり次のようである。



図－3.2.3　実験上流管路の摩擦損失係数 f とレイノルズ数 Re の関係

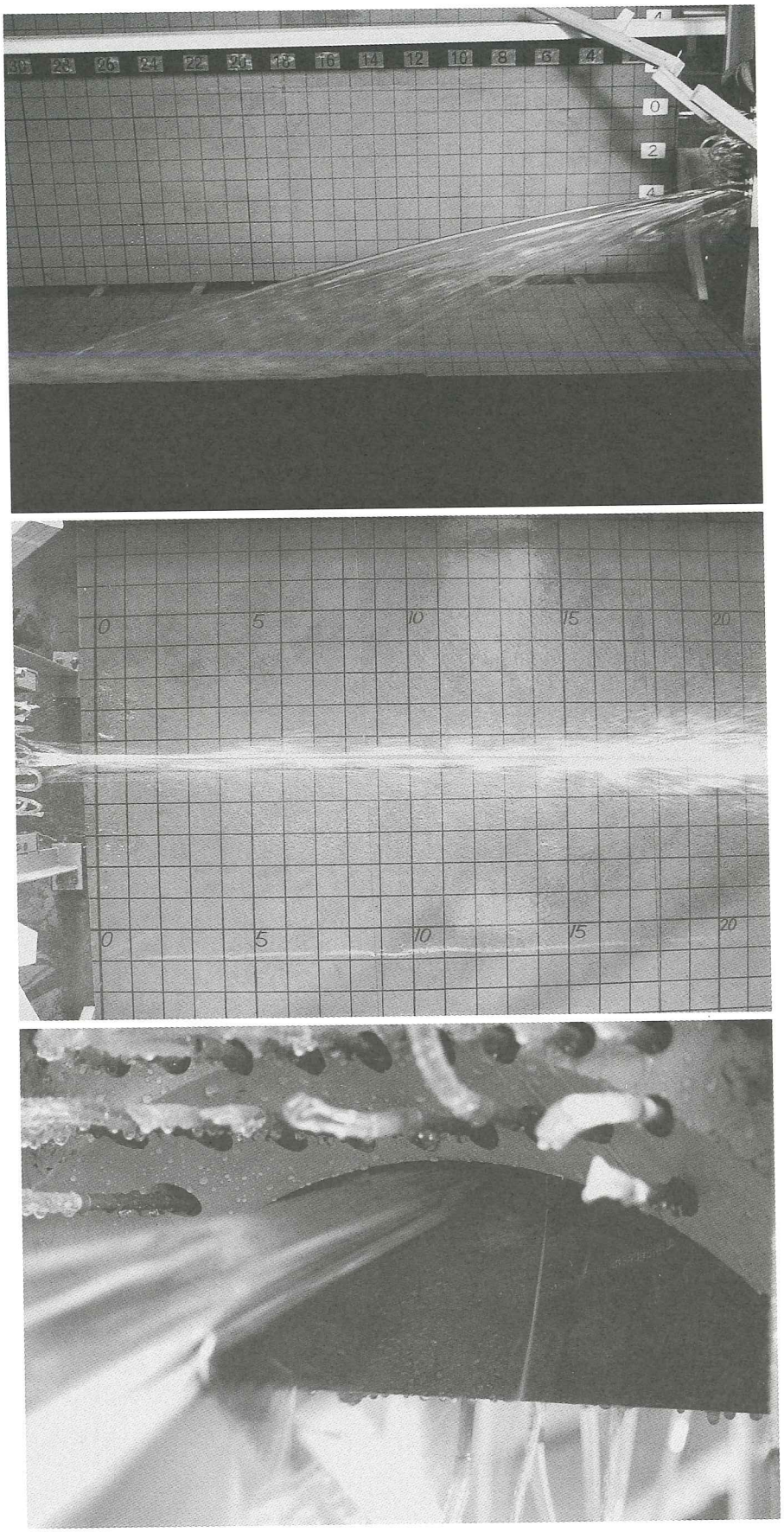
小開度時の水脈は、ともに複雑であるが、開口部中心に中央を持つ流れの主たる構成要素となる主水脈、放流管とゲートリップの交点から下方に向けて放出される筋状の比較的まとまった水脈及び両者を結ぶ膜状の薄い水脈から構成されるものとして把握することができる。ゲートタイプによる違いは、筋状の水脈において明確であり、底面形状が円弧の場合には弧を描きながらゲート中心軸（水平面上）に向かう傾向を示すのに対し、直線では直線的に外側に向けて放出されている。直線では、主水脈も中央に集中する傾向がみられており、全体として水脈が中央にまとまっている。こうした、複雑な水脈性状により、自由落下する主水脈の下側には、比較的広い範囲に亘り、膜状或いはしぶき状の水脈が存在する。

ゲート開度が大きくなるに従って、主水脈と筋状の水脈は相互に干渉するようになるが、ゲート開度が 50%を超えると、下方に向かおうとする筋状水脈が主水脈に乗っかる形になり、両者が直接干渉することになる。こうした比較的大きな開度においても底面形状が円弧の場合には、水脈は中央にまとまる傾向があり、幅方向への水脈の拡幅は小さい。一方、底面形状が直線では、放流管とゲートリップ付近から放出される水脈はかなり外側に向かって放出され、大きな拡幅がみられている。また、水脈の乱れも大きくゲート下流の水脈処理は底面が円弧形状のものが容易なものと考えられる（後に示すように、実際には、整流管における流況は底面が円弧形状の場合の方が、乱れが大きかったが、これは、整流管に問題があると考えることができ、一般論としては、戸溝部の処理も含め円弧形状での処理が容易ということができよう）。今回のゲート戸溝の拡幅角は 20.1 度と比較的小さいものであるが、円弧では開度 80%においてしぶき状の水脈が間欠的に戸溝に衝突し、流況として問題がないと判断されるのに対し、直線では、開度 50%程度から戸溝に水脈が当たるようになり、60%～80%では、かなり強い水脈が直接戸溝内に衝突している。従って底面が直線の場合には、戸溝の拡幅角を更に大きく取る必要があるものと考えられる。このことについては、後にも触れる。



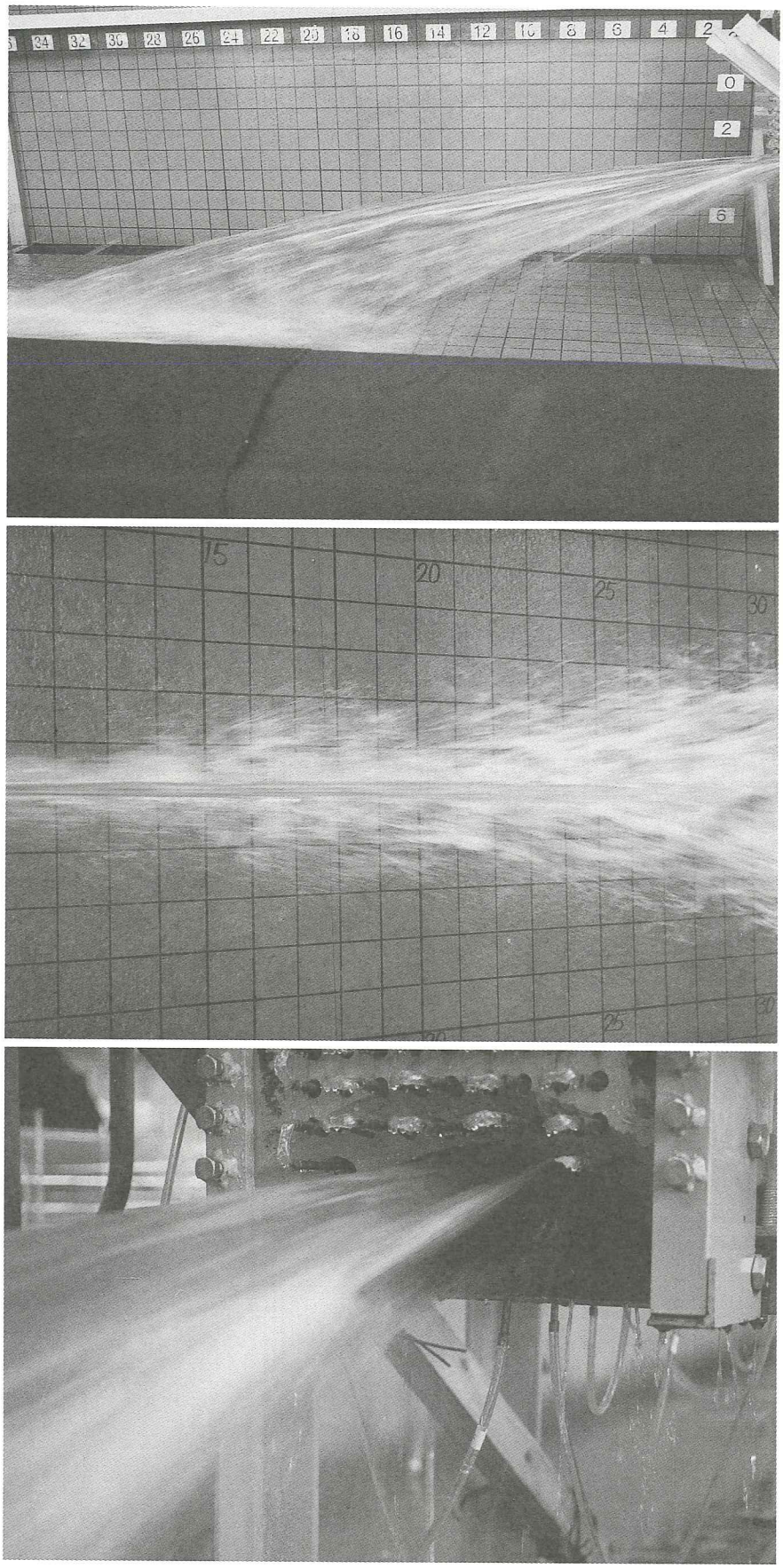
ゲート開度　G＝3%

写真－3.2.1(1)　放流水脈状況（円弧:H/D＝20）



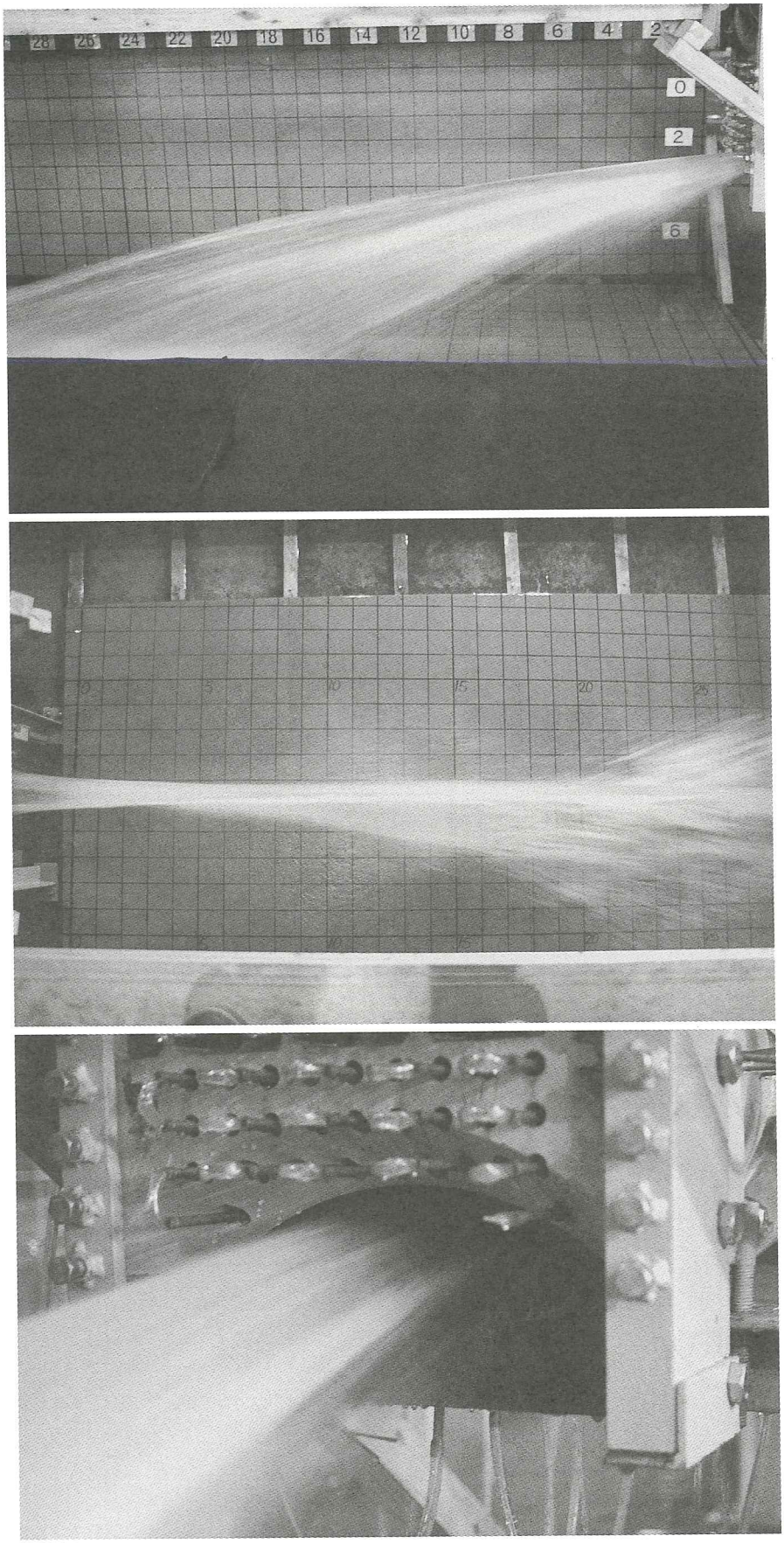
ゲート開度　G＝5%

写真－3.2.1(2)　放流水脈状況（円弧:H/D＝20）



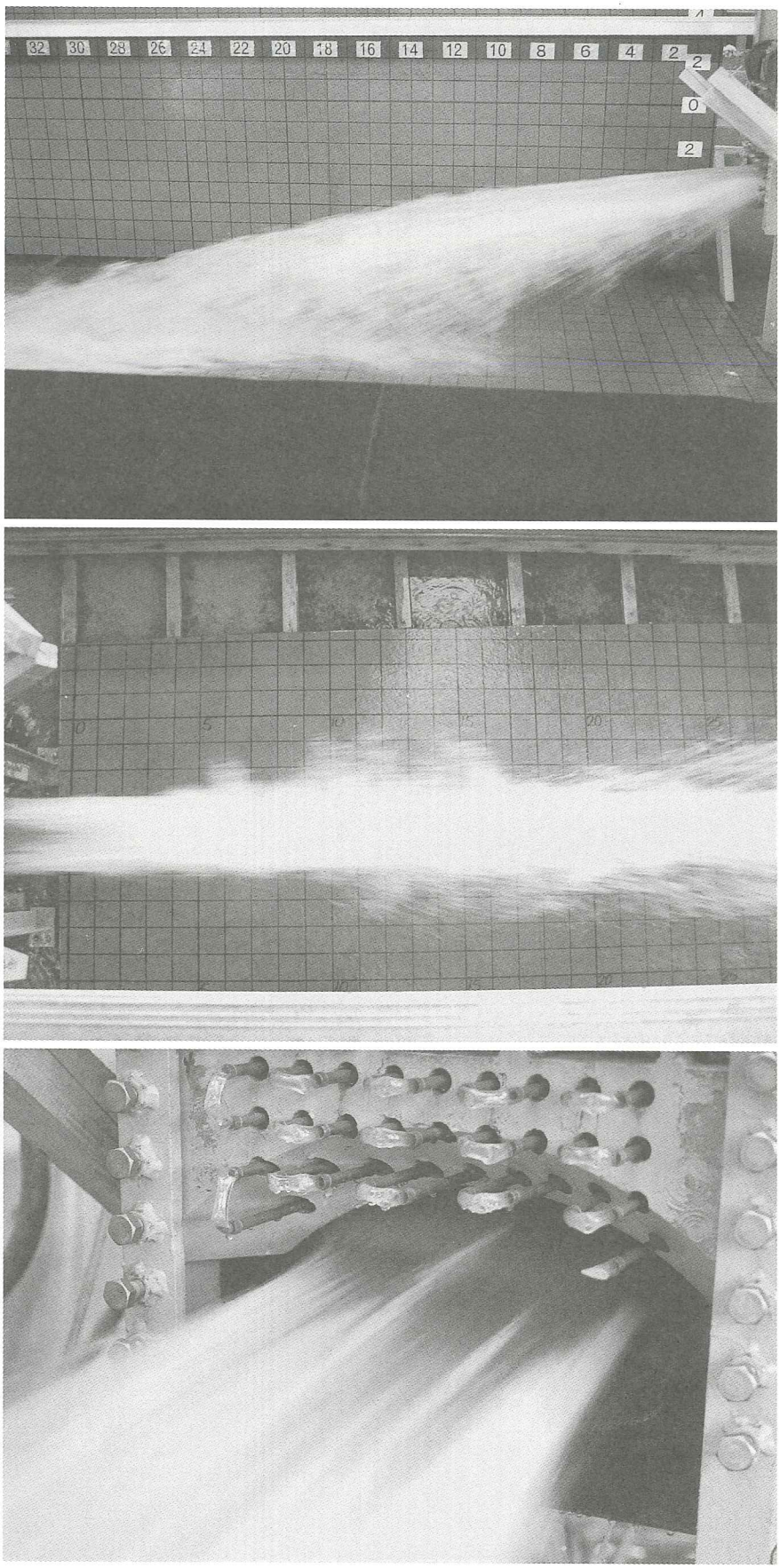
ゲート開度　G＝10%

写真－3.2.1(3)　放流水脈状況（円弧:H/D＝20）



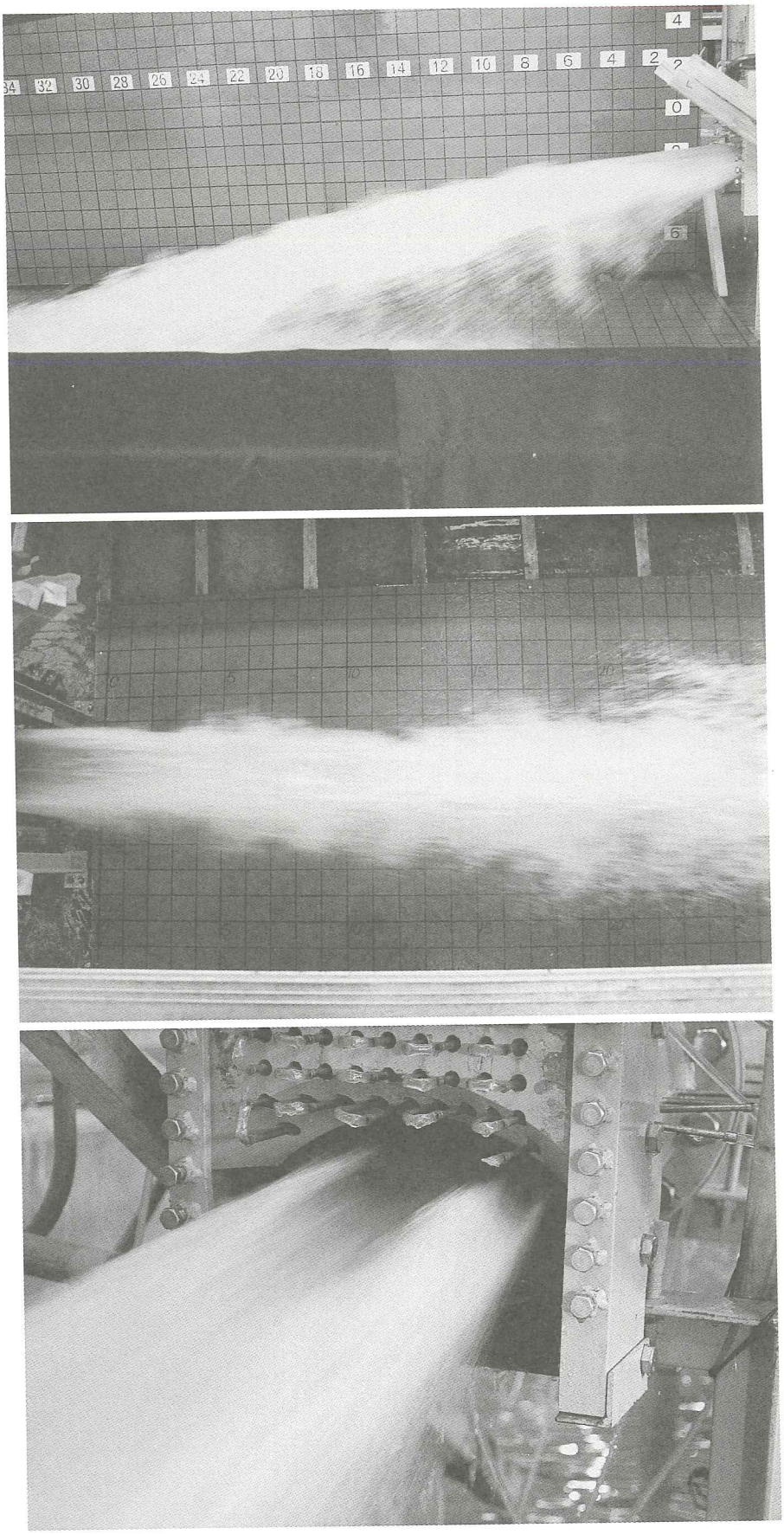
ゲート開度　G＝20%

写真－3. 2. 1(4)　放流水脈状況（円弧:H/D＝20）



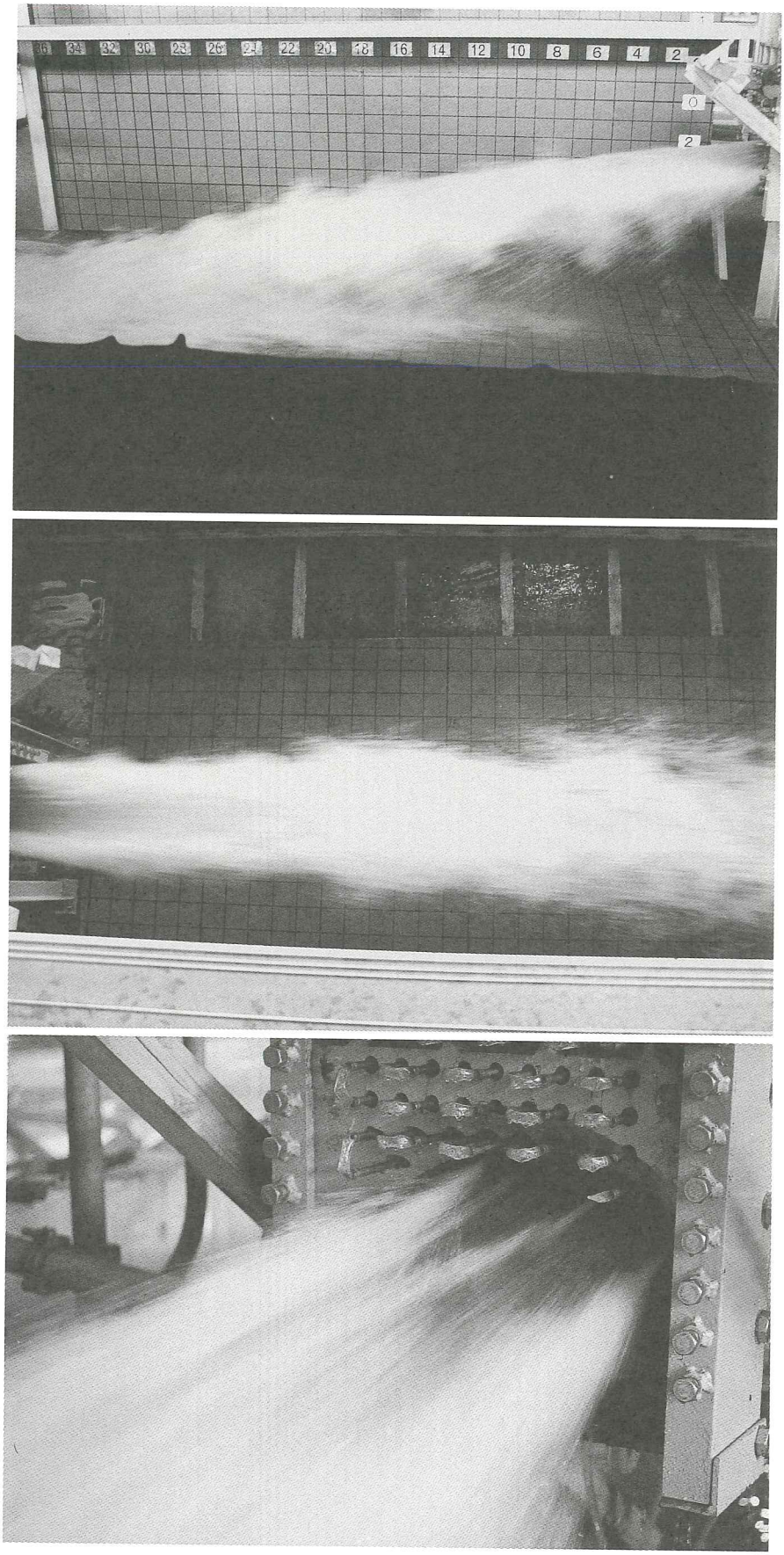
ゲート開度　G＝40%

写真－3. 2. 1(5)　放流水脈状況（円弧:H/D＝20）



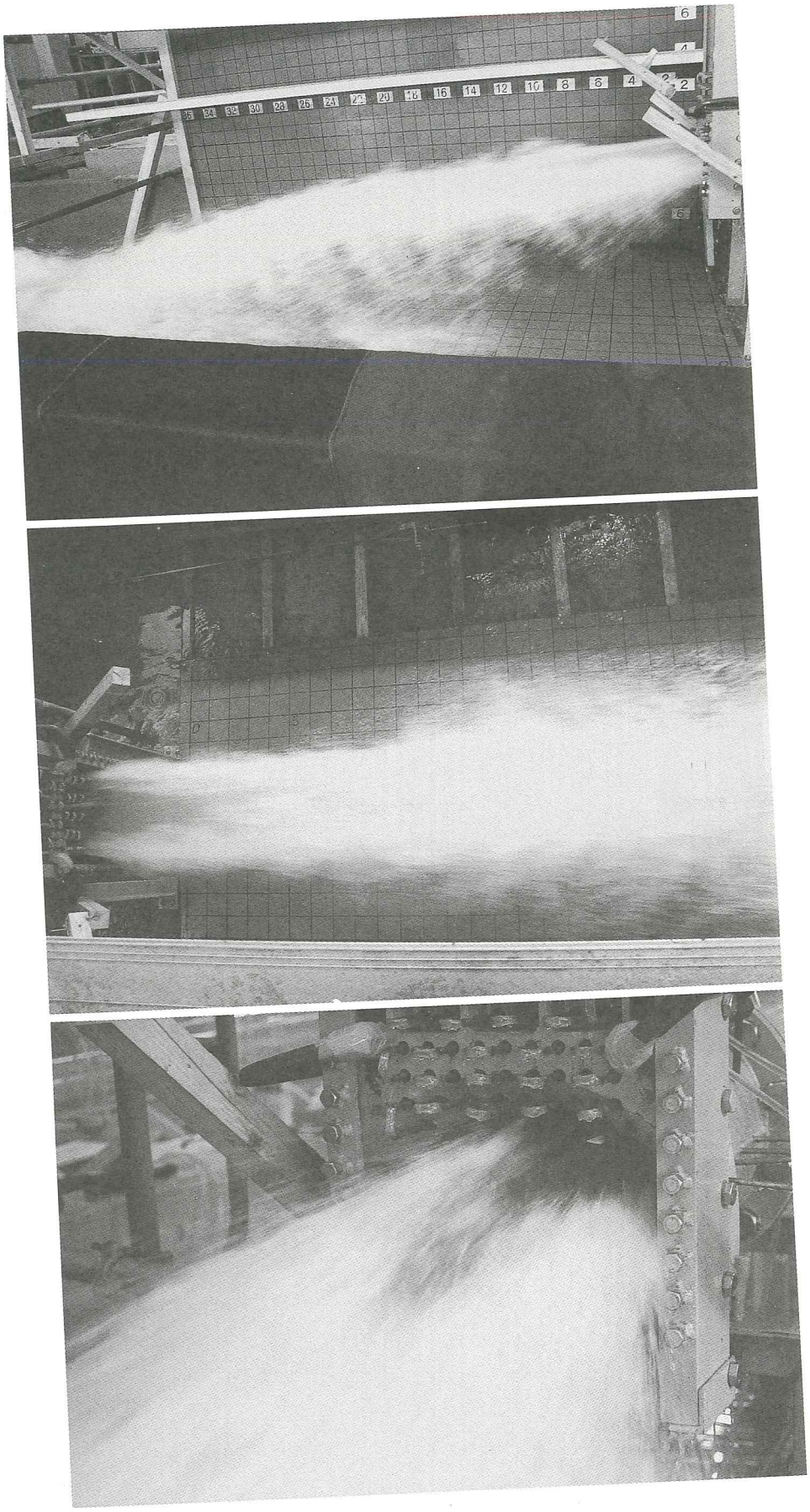
ゲート開度　G＝50%

写真－3.2.1(6)　放流水脈状況（円弧:H/D＝20）



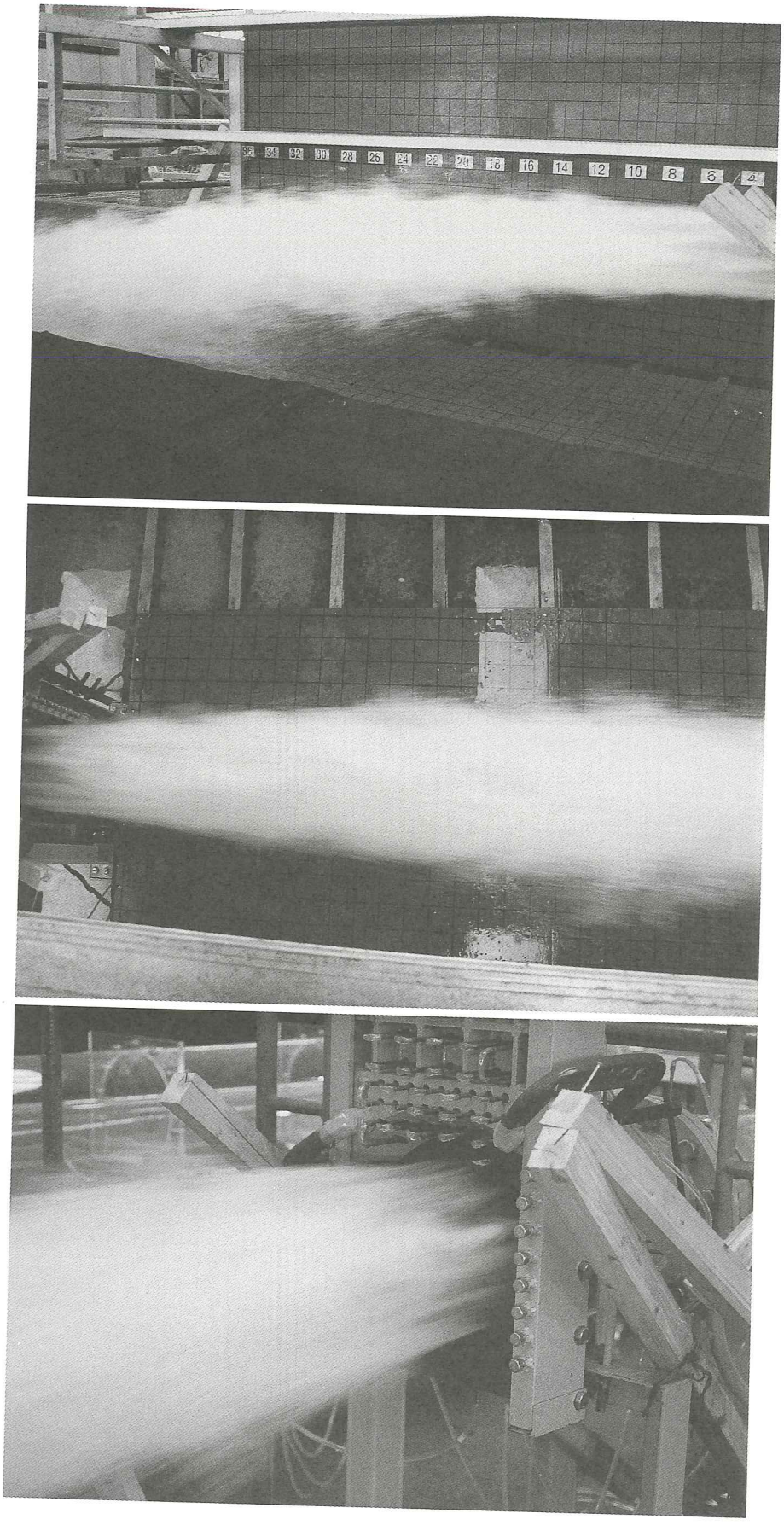
ゲート開度　G＝60%

写真－3. 2. 1(7)　放流水脈状況（円弧:H/D＝20)



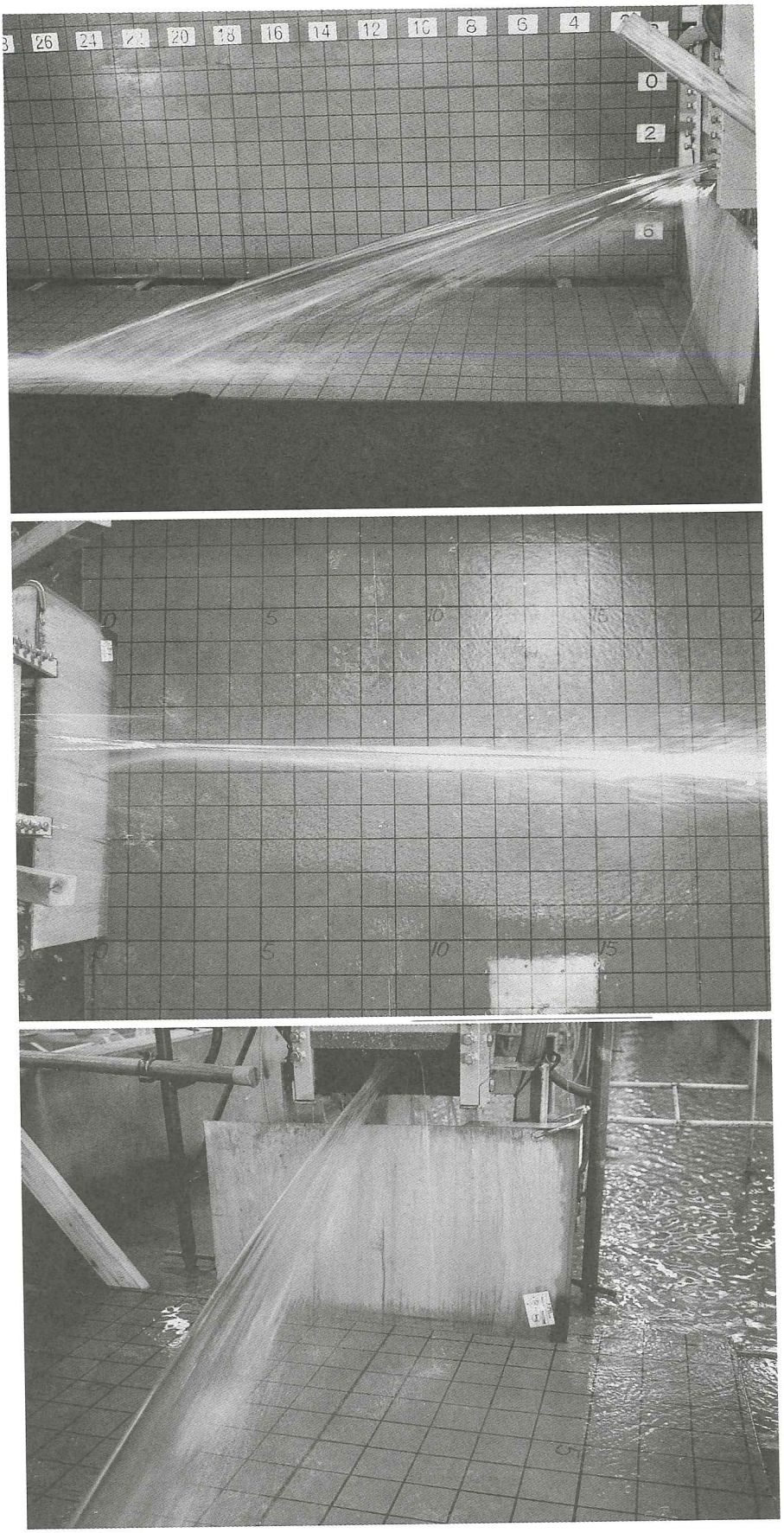
ゲート開度　G＝80%

写真－3.2.1(8)　放流水脈状況（円弧:H/D＝20）



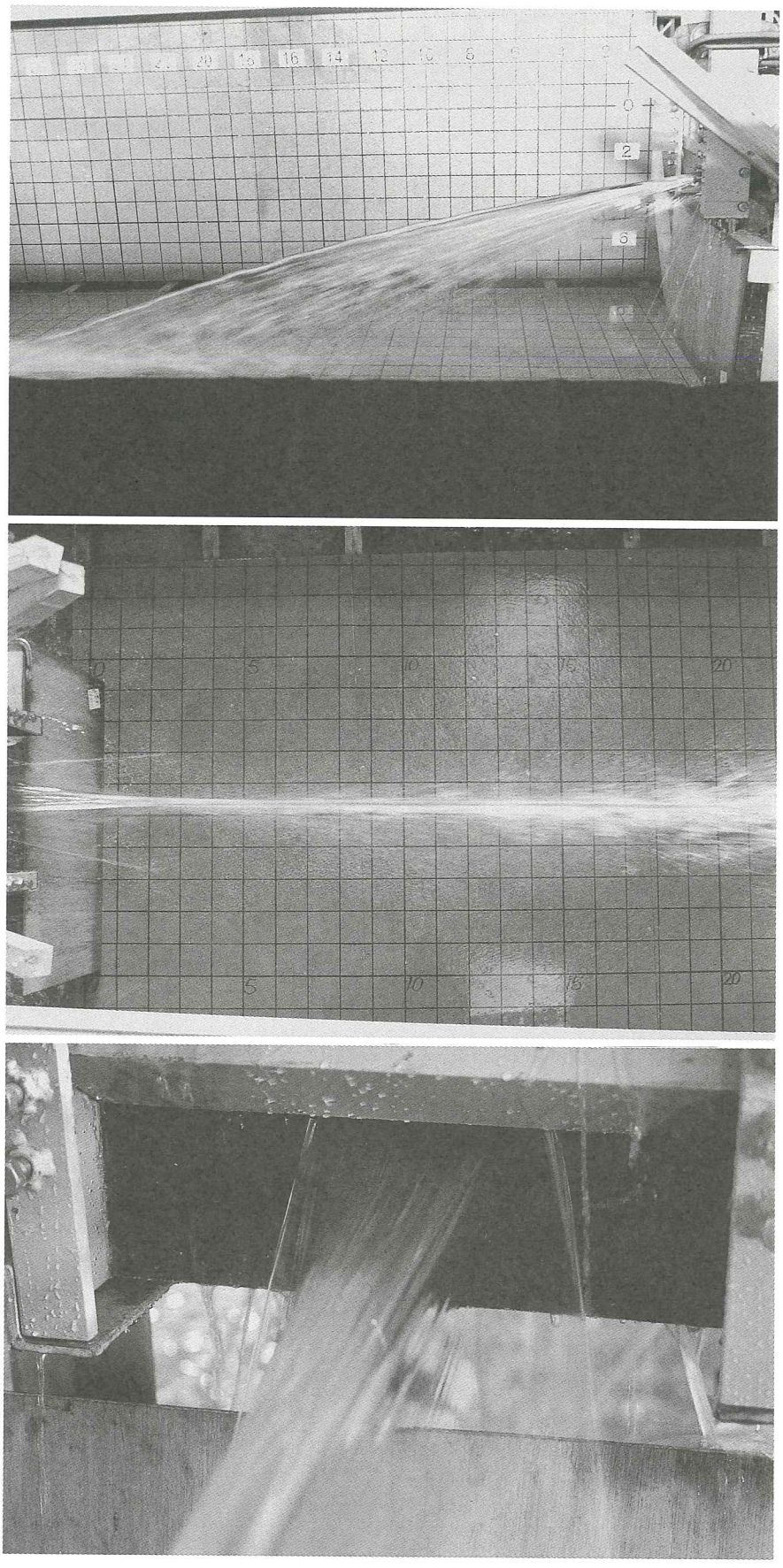
ゲート開度　G＝100%

写真－3. 2. 1(9)　放流水脈状況（円弧:H/D＝20)



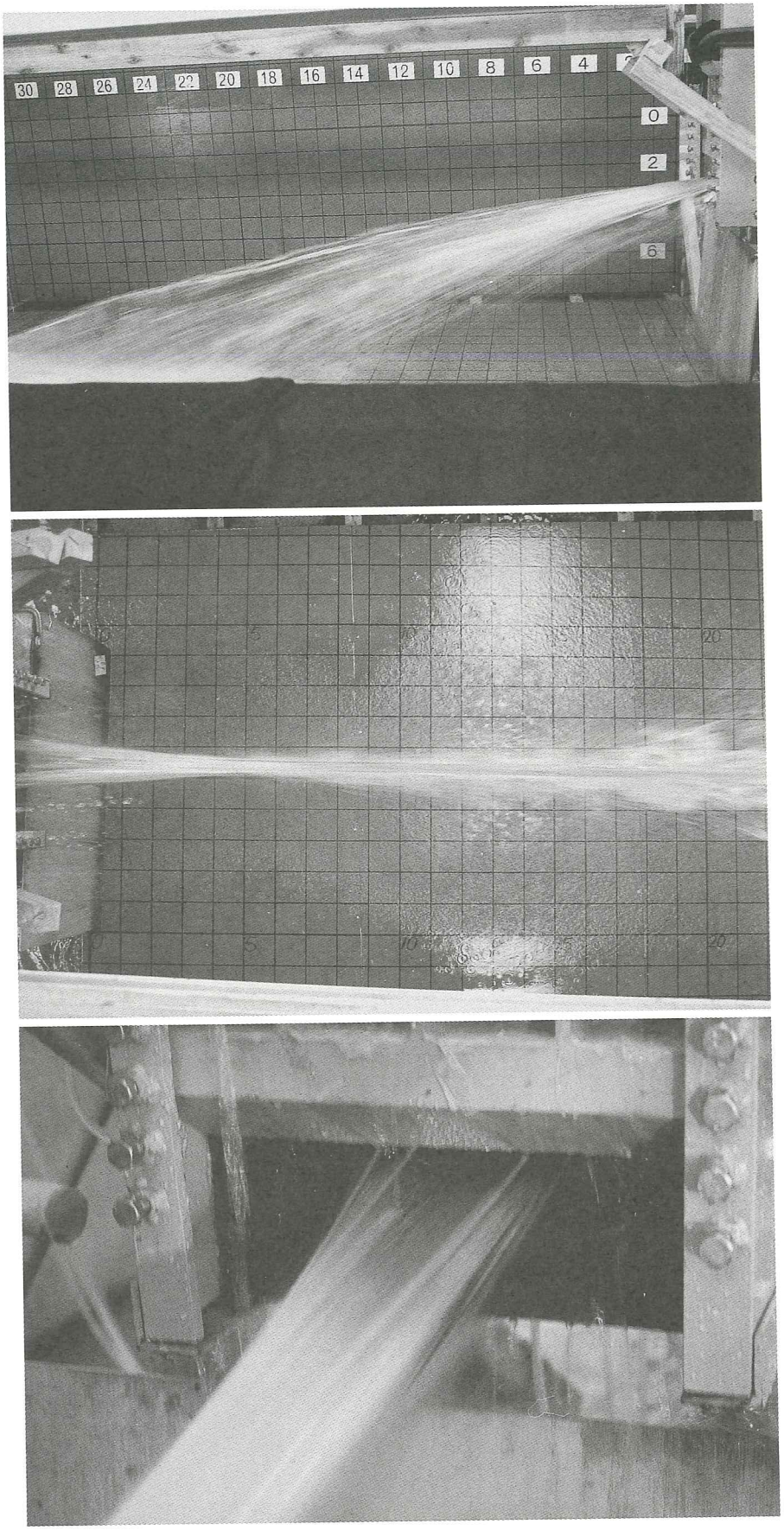
ゲート開度　G＝3%

写真－3.2.2(1)　放流水脈状況（直線:H/D＝20）



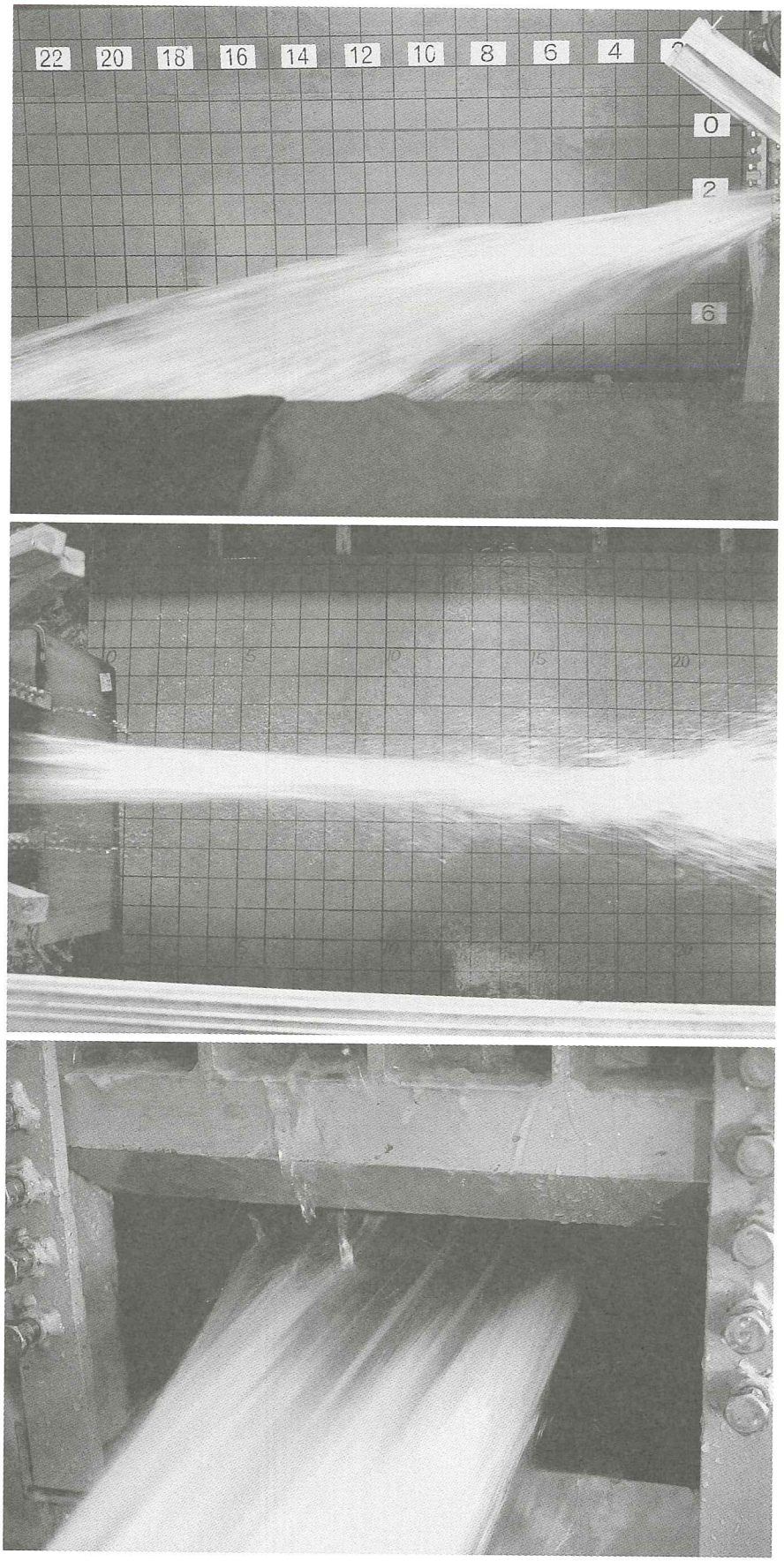
ゲート開度　G＝5%

写真－3.2.2(2)　放流水脈状況（直線:H/D＝20)



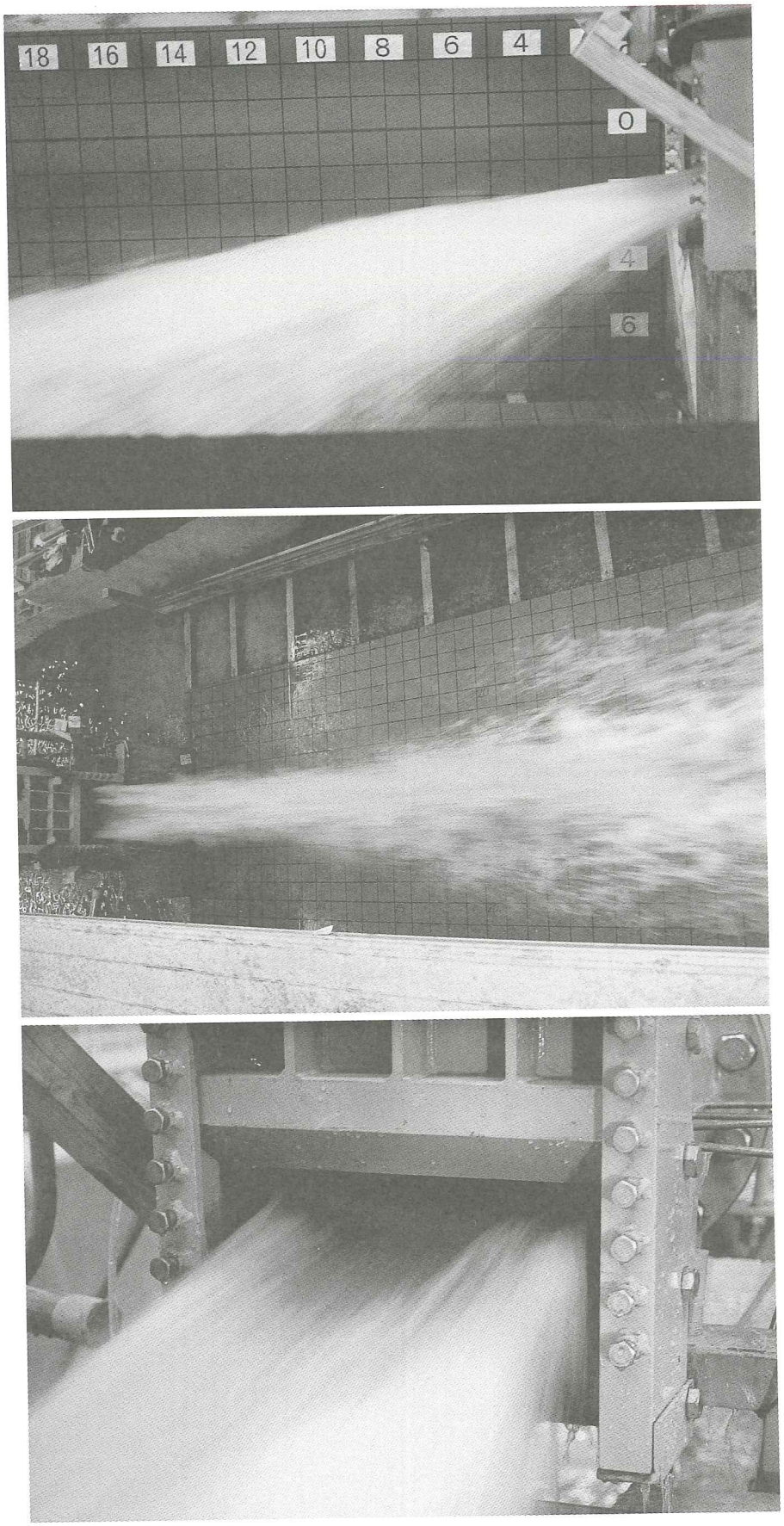
ゲート開度　G＝10%

写真－3. 2. 2(3)　放流水脈状況（直線:H/D＝20）



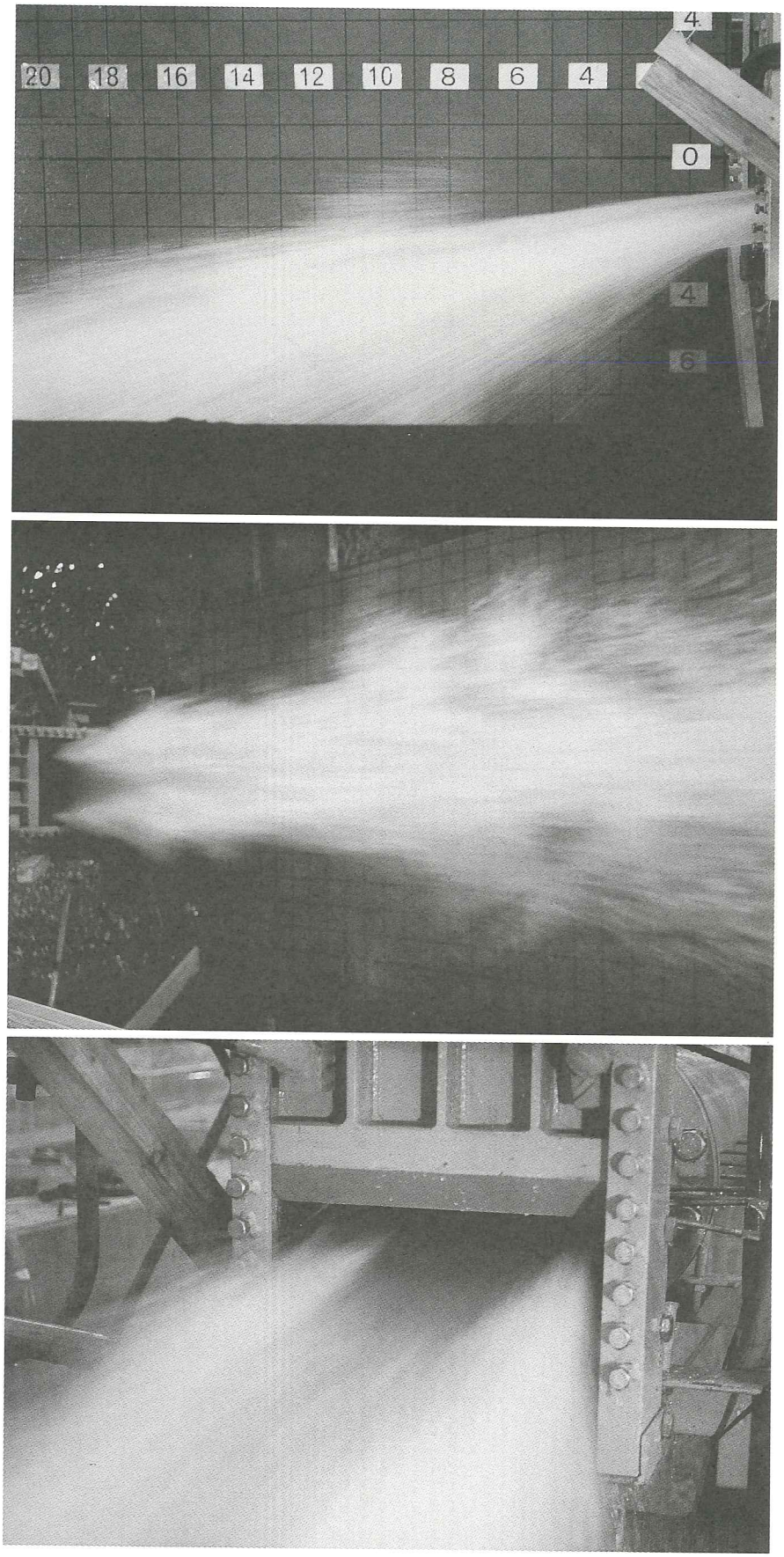
ゲート開度　G＝20%

写真－3.2.2(4)　放流水脈状況（直線:H/D＝20）



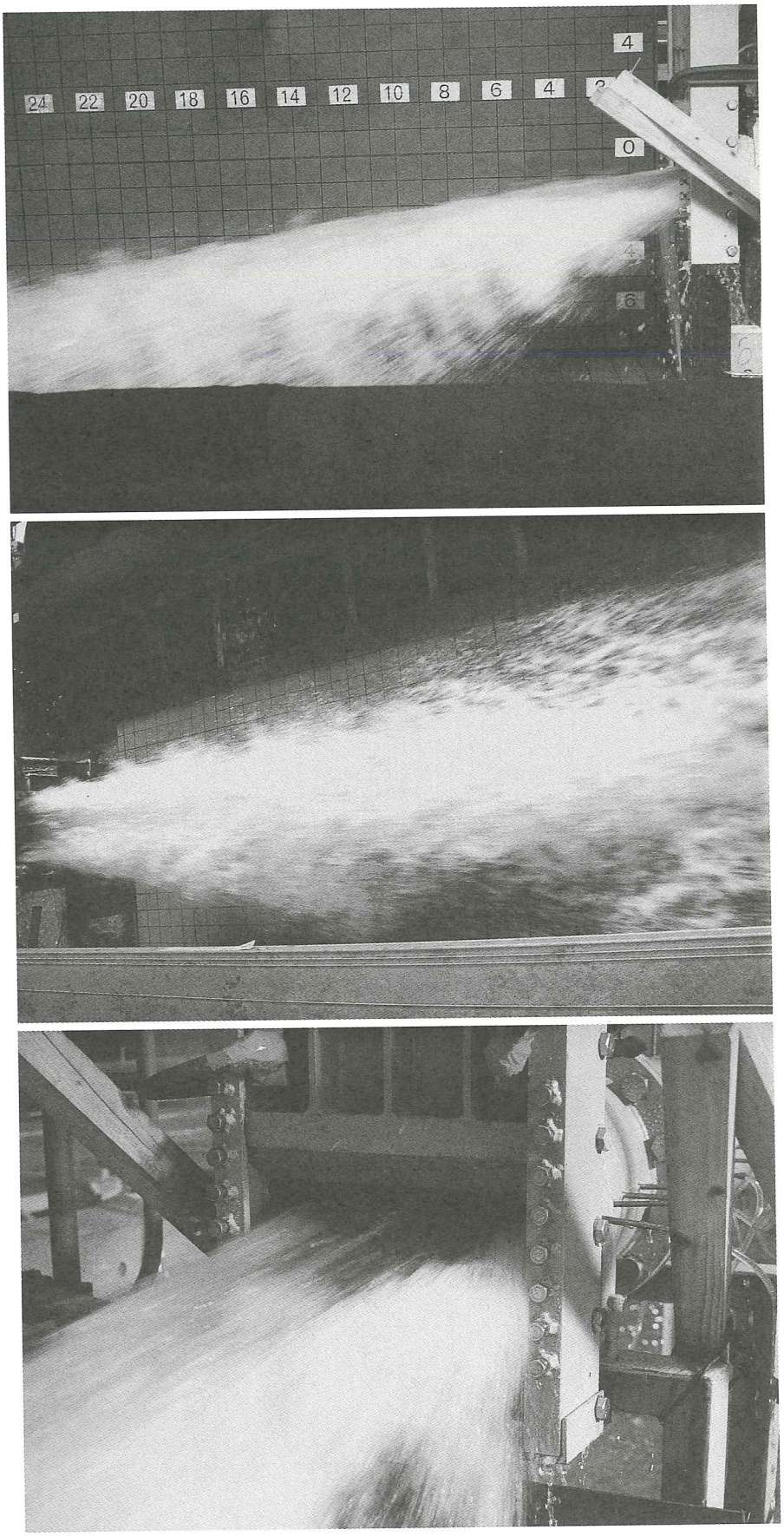
ゲート開度　G＝40%

写真－3. 2. 2(5)　放流水脈状況（直線:H/D＝20）



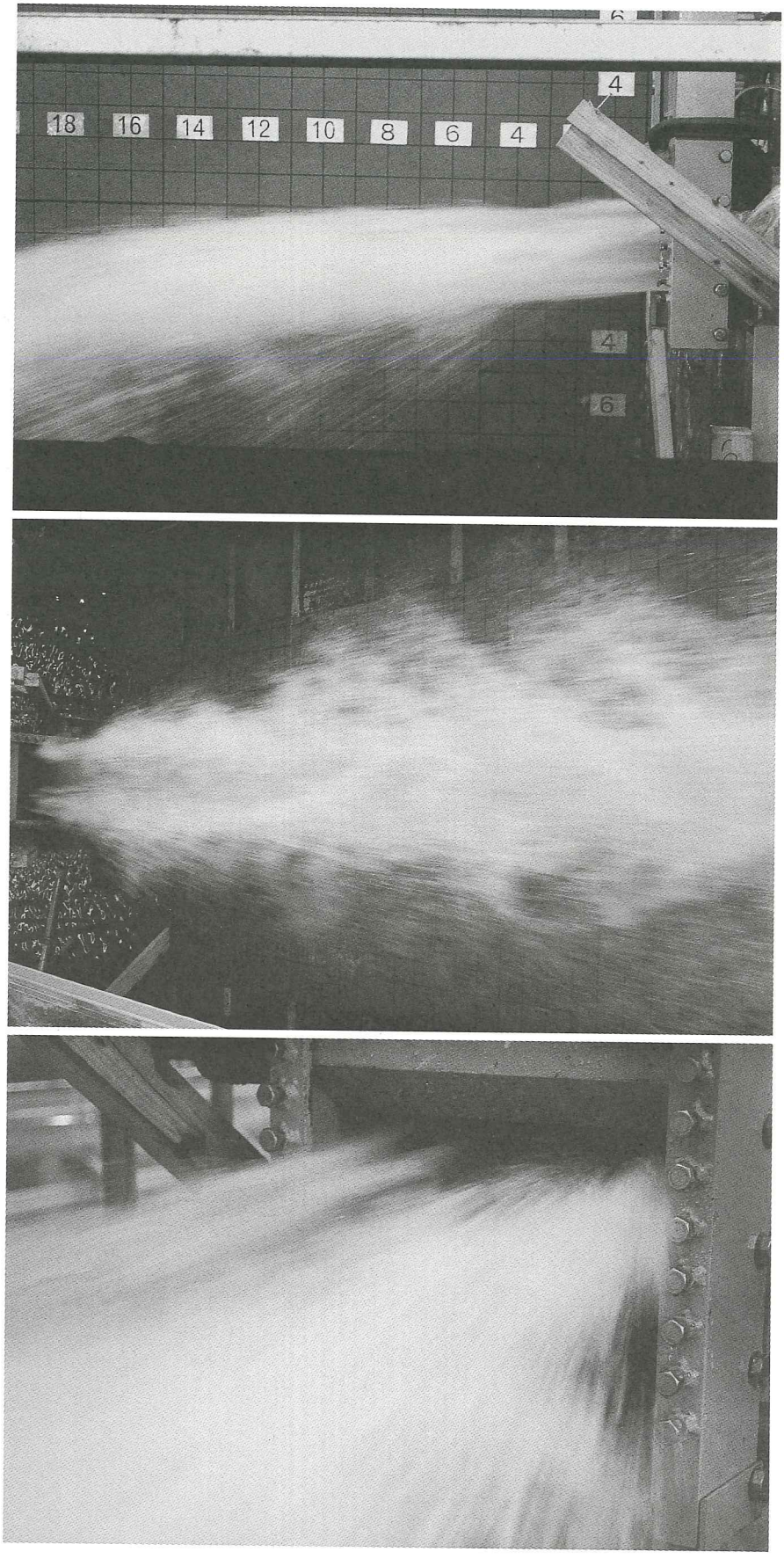
ゲート開度　G＝50%

写真－3.2.2(6)　放流水脈状況（直線:H/D＝20)



ゲート開度　G＝60%

写真－3.2.2(7)　放流水脈状況（直線:H/D＝20）



ゲート開度　G＝80%

写真－3.2.2(8)　放流水脈状況（直線:H/D＝20)

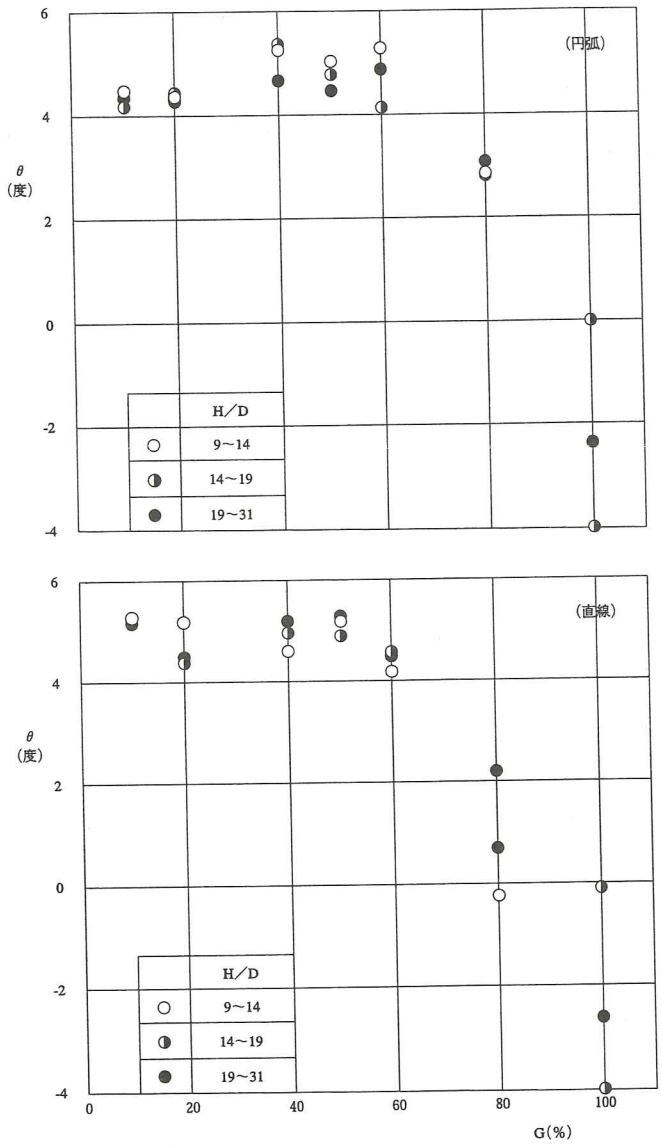
b．水脈落下軌跡

ここでは、放流水脈中央上面の落下軌跡について検討を行う。放流水脈の自由落下軌跡は次式で表すことができる。

$$y = \tan\theta x + (1+\tan^2\theta)gx^2/2v^2 \tag{3.2.4}$$

ここに、x, y：それぞれ、放流点を原点とする水平及び鉛直下方の距離、θ：下向きの放出角度、v：放出点の流速である。ここで、$v=\sqrt{2gH}$ とし、上面の各観測点から θ を求め、平均した結果を**図－3.2.4** に示す。なお、式 (3.2.4) による近似は良好であり、各観測点から求められる θ は、上流端（$x = 1.8D$）の観測点を除きほぼ一定であった。上流端の観測点では、他の側点より若干大きくなる傾向がみられた。これはゲート直下流の縮流の影響によるものと推察され、図の θ の算定からは除いてある。

図より、ゲート開度 10 ～ 60%では、ゲート底面形状によらず θ は概ね 4 から 5 度の値となっており、これ以上では小さくなる。θ はそれ程大きくなく、このゲート開度範囲では、ほぼ水平に放出されているといってよいであろう。



図－3.2.4　下向き角 θ と G の関係

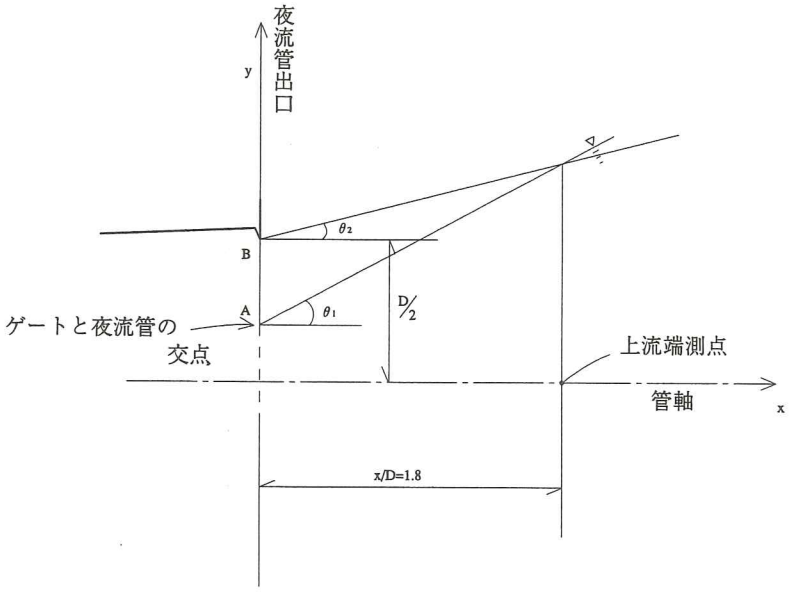
今回求められたθは、林ら[2)]が示したものよりかなり小さい値である。林らは、ゲート開度が小さくなるに従い放出角度が大きくなるとしており、ゲート開度10%では15度程度、20～40%で10度程度の値を提示し、USBR（米国内務省開拓局）のシャスタダムの結果と概ね一致しているとしている。両者の差の原因は不明であるが、林らの放出角度の検出方法は示されておらず、ゲート付近の縮流の影響が含まれていることが考えられる。落下位置を推定するのであれば、今回の解析方法が妥当であろう。ただし、上記結果はあくまで水脈上面のものであり、放出最下流点を表すものである。先にも示した通り、実際の水脈はかなりバラケテおり、広い範囲に亘り落下する。また、小開度時に放流管出口とゲートリップ交点から放出される筋状の水脈は、かなり下向きの流れとなっている（特に底面が直線の場合には、鉛直に近い角度で下方に放出されている）ので注意が必要である。

林らによれば、放出角度は、20度以下になると急激に大きくなるとしている。今回、開度5%及び3%の計測は行っていないが、流況観察の結果からみると、それ程極端な増加は認められないようである。

c．水脈の拡幅

流況で述べたように、底面が円弧の場合と直線の場合の最も大きな違いは、水脈の拡幅状況にあり、ここでは、具体的な拡幅角度について検討する。

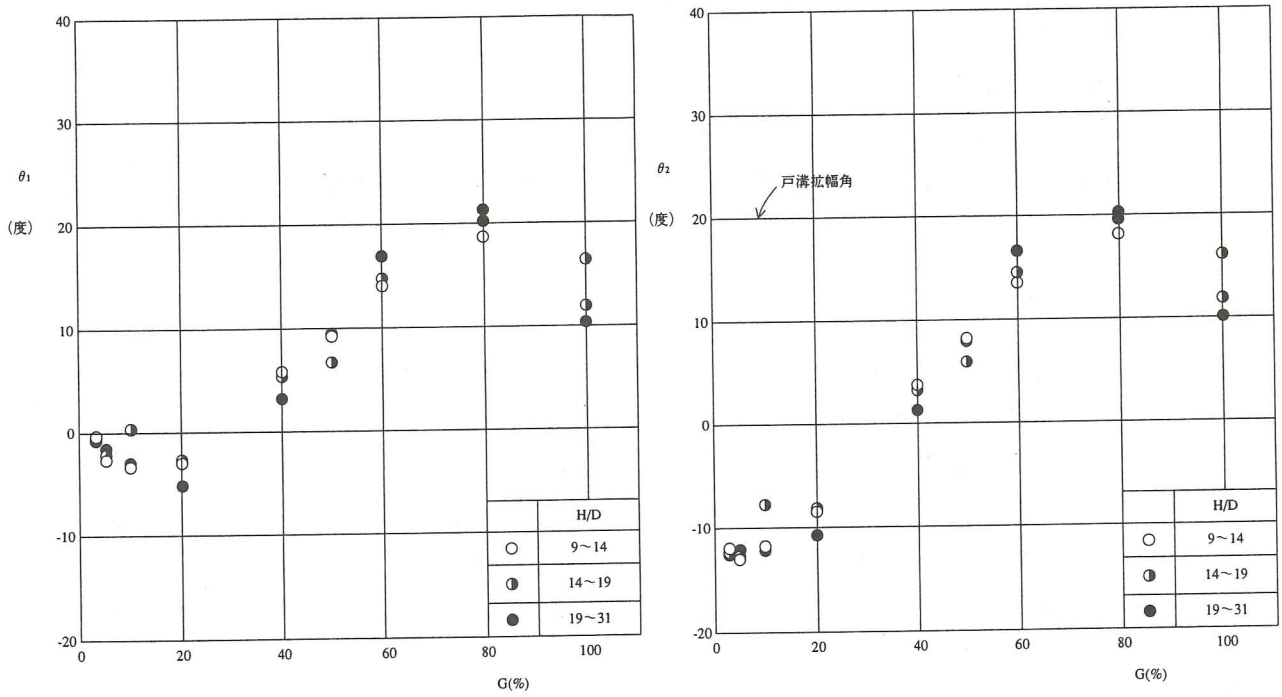
図－3.2.5に本報告での拡幅角度の定義を示す。拡幅角度は、水平面内への投影角度とし、水平方向の流下距離$x = 1.8D$での水脈側面とA、B点とを結ぶ直線が管軸となす角をそれぞれ、θ_1、θ_2とした。ここに点Aは、放流管出口とゲートリップ交点、点Bは放流管出口幅位置である。θ_2は、点Aを求めるのが面倒であるという設計上の便宜を考慮したもので、θ_1が実際の流れの拡幅角度を表している。水脈側面は、ゲート上方から撮影した写真上で判読しており、飛沫状の水塊外側を包絡する線を水脈側面線とした。流下距離$x = 1.8D$の位置とした明確な根拠はないが、拡幅水脈は下方向きの傾向があり、これより下流では実験水路に着床してしまうこと、及びゲートに近い場合には水脈変形過程の影響が推察され、平均的な拡幅角度としての評価に問題があると考えたこ



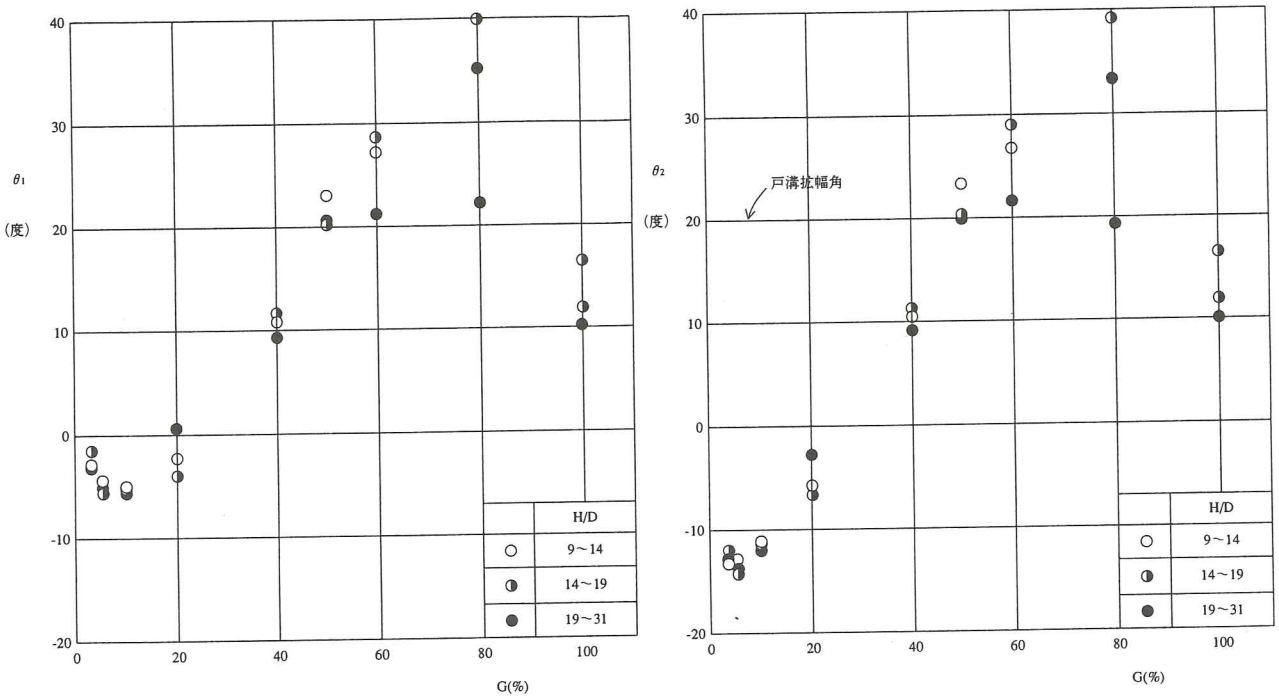
図－3.2.5　拡幅角θ_1，θ_2の説明図

とによる。なお、ゲート開度が小さい場合の筋状の水脈は、ゲート直下流にて着床しており、本検討では筋状水脈の拡幅状況は捉えられていない。水平面上で捉えると90度に近い拡幅角度となり、別途のデータ整理法が必要になるものと思われる。なお、こうした筋状流れは、それ程勢いのあるものではなく、それ自体は問題にならないであろう。

図－3.2.6、3.2.7 に各ゲートの拡幅角度とゲート開度の関係を示す。図より、何れのゲート底面



図－3.2.6　θ_1，θ_2とGの関係（円弧）



図－3.2.7　θ_1，θ_2とGの関係（直線）

形状でも、ゲート開度20%程度まではθ_1がマイナスとなっており、拡幅ではなく縮流が生じていることが分かる。拡幅は、ゲート開度40%以上において顕著となり、両ゲートでの差も大きくなる。底面が円弧形状の場合には、ゲート開度80%程度で最も大きな拡幅角度が生じているが、その値は、θ_1、θ_2とも模型の戸溝の拡幅角度に等しい20度程度であり、流況観察の結果と一致する。一方、底面が直線の場合には、ゲート開度50%においてθ_1、θ_2とも20度を超える結果となっており、60～80%では、30～40度の大きな拡幅角度となっている。この状態では、戸溝内に水脈が直接衝突しており、戸溝がない場合の拡幅角度は更に大きくなることも考えられる。以上のように、ゲート底面が直線の場合に比べ、円弧形状での拡幅は全体として小さく、水脈が安定していることが確認される。

d．底面が円弧形状の場合のゲート作用圧力

設計資料に供するため、底面が円弧の場合のゲートへの作用圧力を測定した。**図－3.2.8(1)～(9)**に次式で定義した圧力降下係数を示す。

$$C_d = 1-(p/\gamma+z)/H \tag{3.2.5}$$

図は、$H/D=20$程度の場合のものを示したが、他のでも結果はほぼ同様である。図中、Δlは底面円弧の半径方向に測ったゲートリップからの距離であり、図より、Δlが大きくなるとC_dはほぼ0、つまり圧力の降下はほとんどないことが分かる。また、Δlが小さくなるに従って、圧力降下が大きくなり、リップでの大気圧条件へとスムーズに摺りついていることが分かる。当然のことながら、ゲート開度が大きいほど圧力降下量も大きくなる傾向がある。ゲート開度が70及び80%では、圧力降下が顕著な点が見られるが、これは、放流管出口とゲートリップ交点に近い測点であり、流線の曲がりが大きいことが推察される。

以上のように、底面形状が円弧の場合のゲート作用圧力分布には、特に問題となる傾向はみられない。

3）まとめ

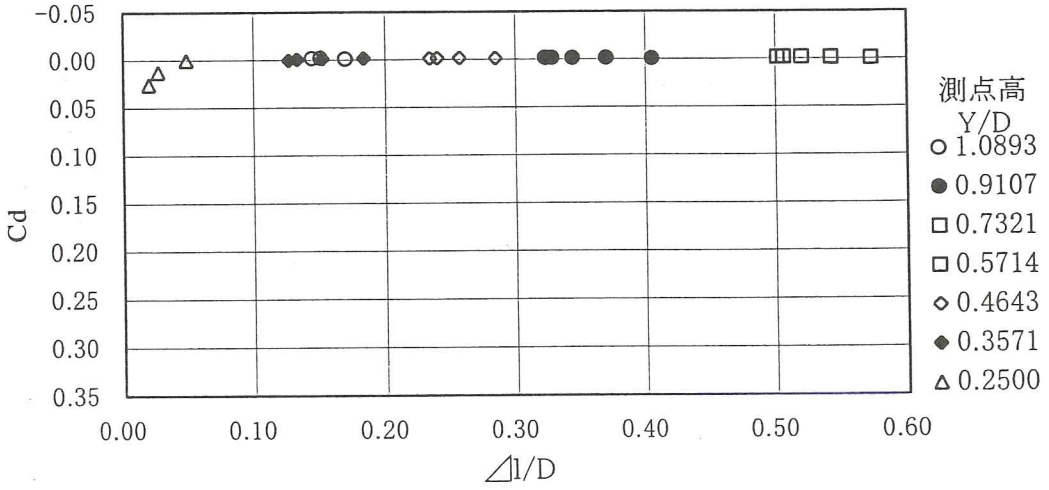
ゲート底面を円弧とした場合と従来型のジェットフローゲートの水理特性調査を行い、両者を比較検討した。両者の比較を念頭に、主たる結果を以下に示す。

(1)同じゲート開度における放流量は、円弧形状のものが小さく、小流量放流時のゲート開度を大きくすることができる。

(2)放流水脈は、円弧形状のものが、拡幅が小さく安定している。また、乱れも少ない。拡幅状況の差はゲート開度が50%程度以上で顕著であり、ゲート戸溝を水脈の直接の影響を避けるよう拡幅するものとすると、円弧形状では実験を行った20度程度の戸溝の拡幅で十分であるが、従来型では、30～40度程度以上の拡幅が必要である。

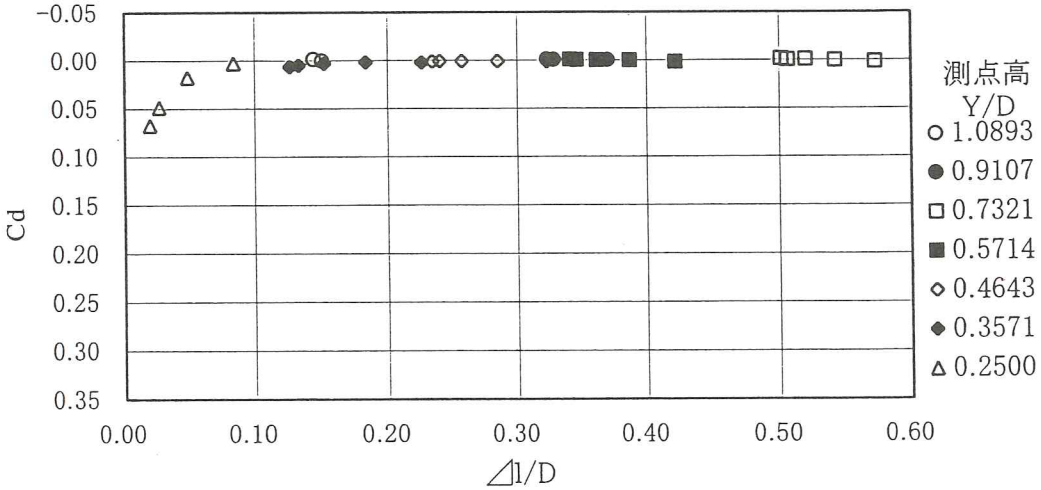
(3)放流水脈上面自由落下軌跡の下向き角度に両者の差は見られず、10～60%開度でも4～5度の比較的小さい角度である。

水理的には全般的に円弧形状が優れているといってよい。円弧の設置により、ゲートの下方への突き出しが必要になるが、実験の結果から戸溝の拡幅幅を小さくでき、ゲート幅を小さくできることも示されている。従って、円弧設置による構造的な問題が小さければ、摺上川ダム水位低下及び利水・低水放流ゲートとして、底面が円弧形状のジェットフローゲートの採用が適当と考えられる。



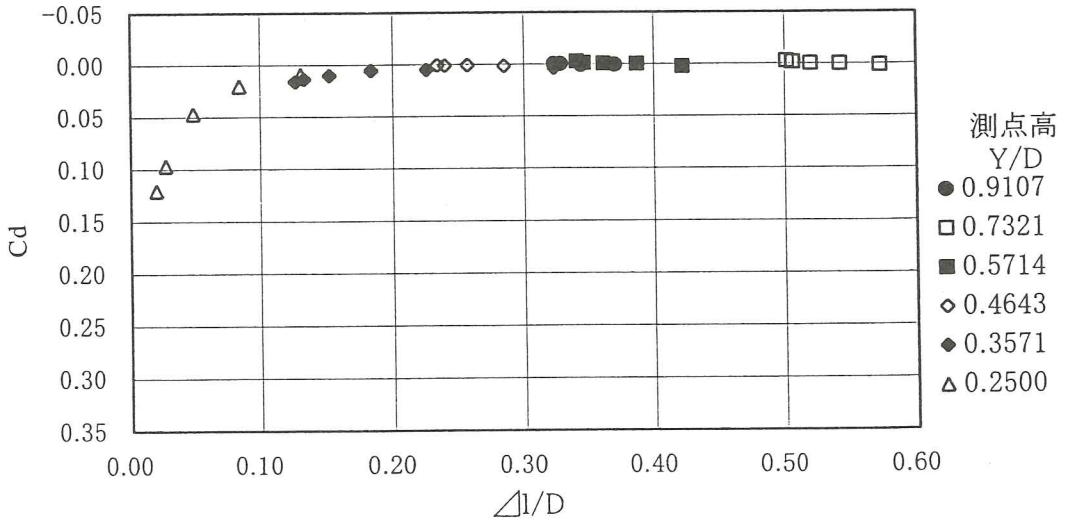
G=5%

図－ 3. 2. 8 (1)　Cd と Δ l/D の関係（円弧：H/D ＝ 20）



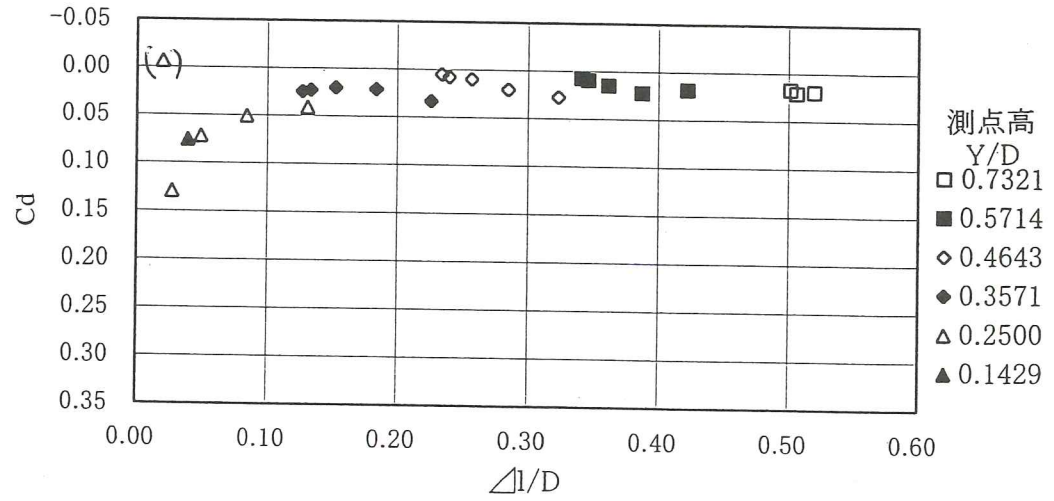
G=10%

図－ 3. 2. 8 (2)　Cd と Δ l/D の関係（円弧：H/D ＝ 20）



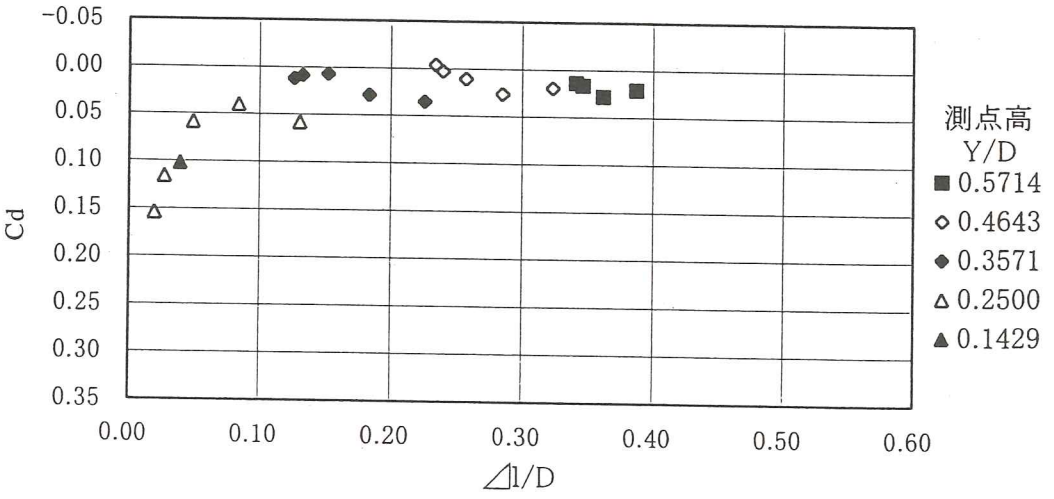
G=20%

図－ 3. 2. 8 (3)　Cd と Δ l/D の関係（円弧：H/D ＝ 20）



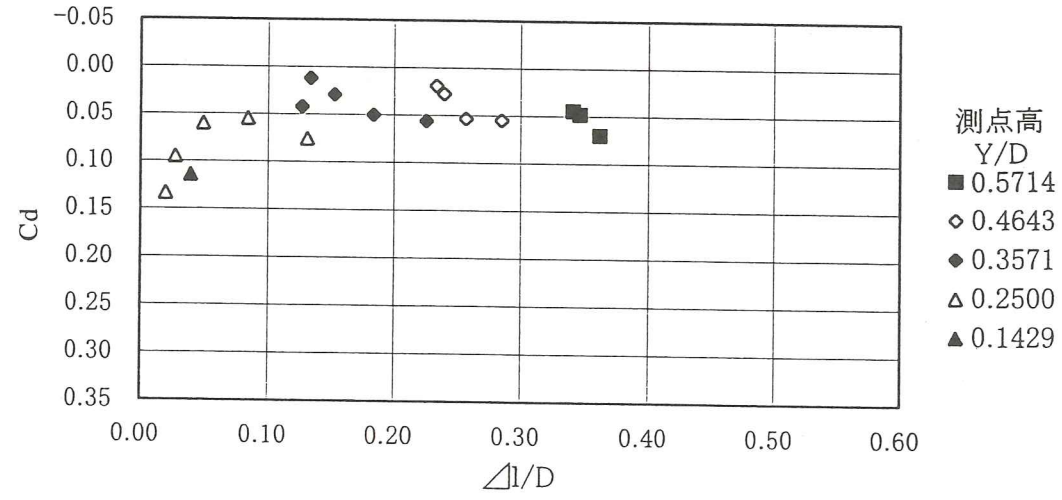
G=40%

図－ 3. 2. 8 (4)　Cd と Δ l/D の関係（円弧：H/D ＝ 20)



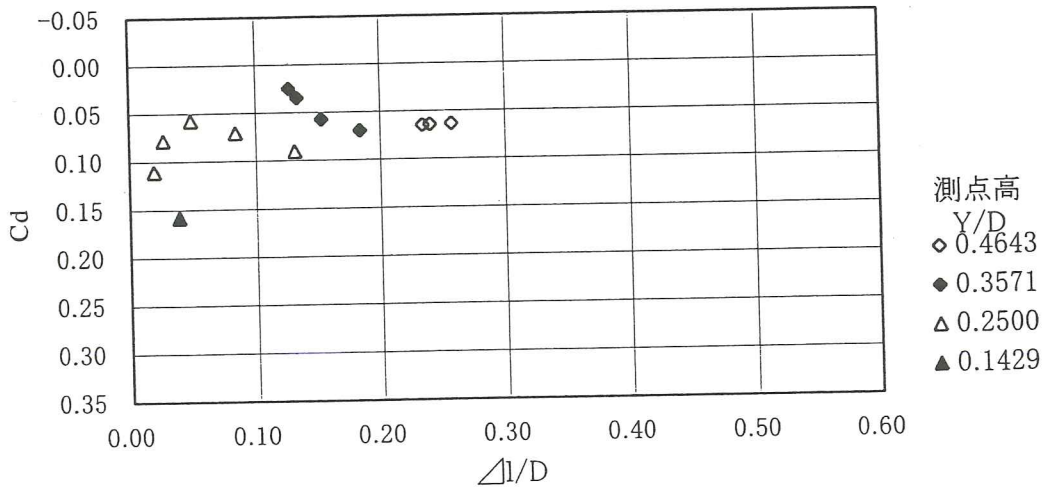
G=50%

図－ 3. 2. 8 (5)　Cd と Δ l/D の関係（円弧：H/D ＝ 20)



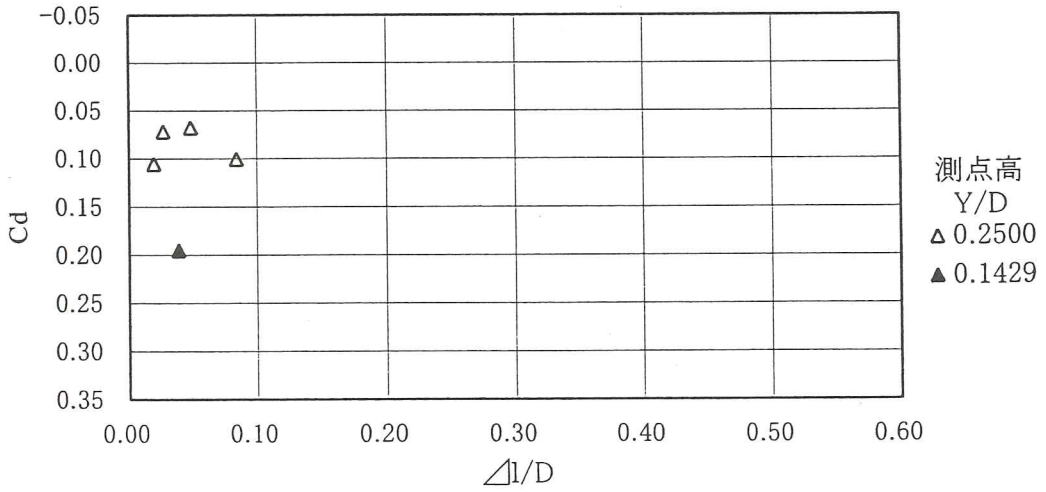
G=60%

図－ 3. 2. 8 (6)　Cd と Δ l/D の関係（円弧：H/D ＝ 20)



G=70%

図－ 3. 2. 8 (7)　Cd と Δ 1/D の関係（円弧：H/D ＝ 20）



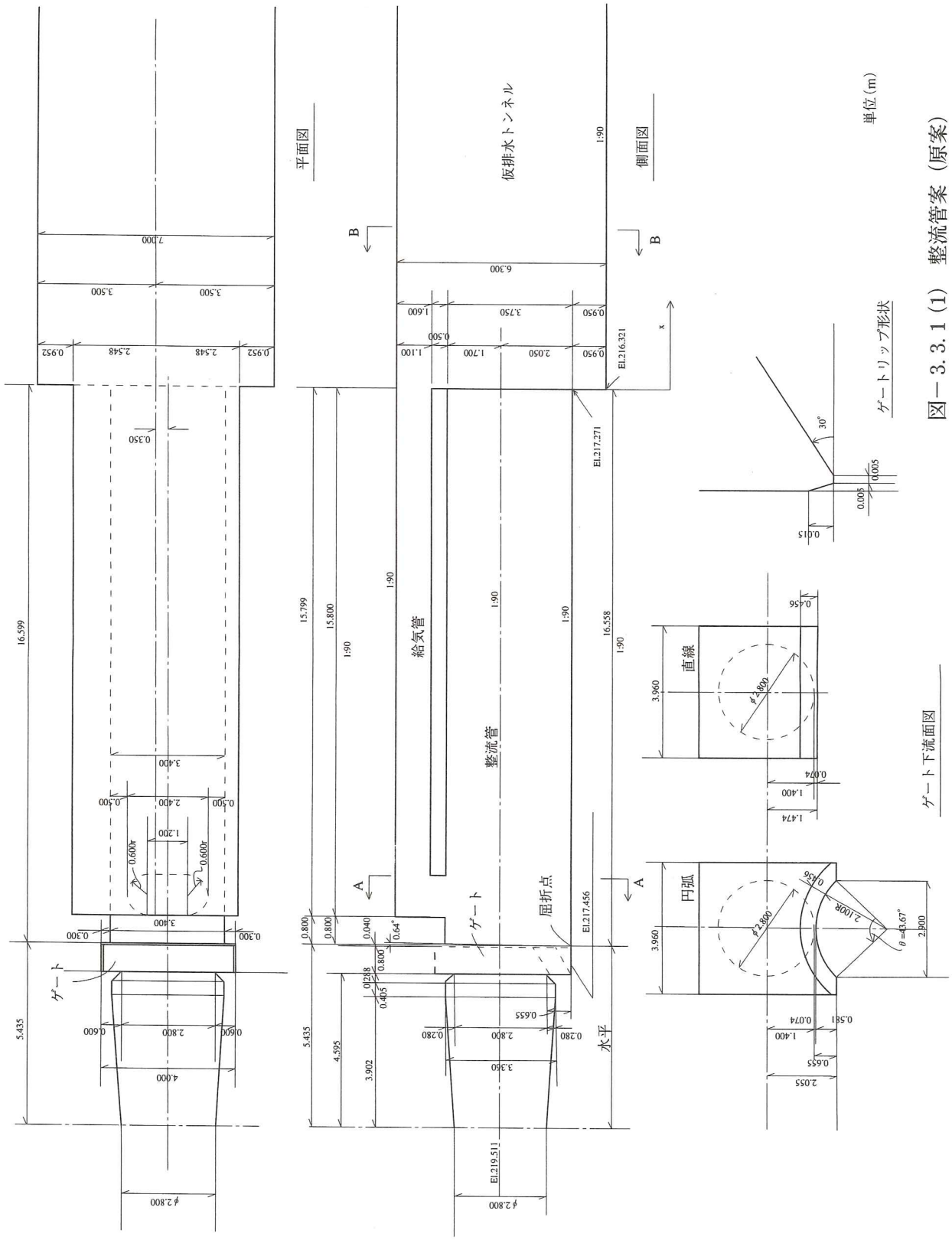
G=80%

図－ 3. 2. 8 (8)　Cd と Δ 1/D の関係（円弧：H/D ＝ 20）

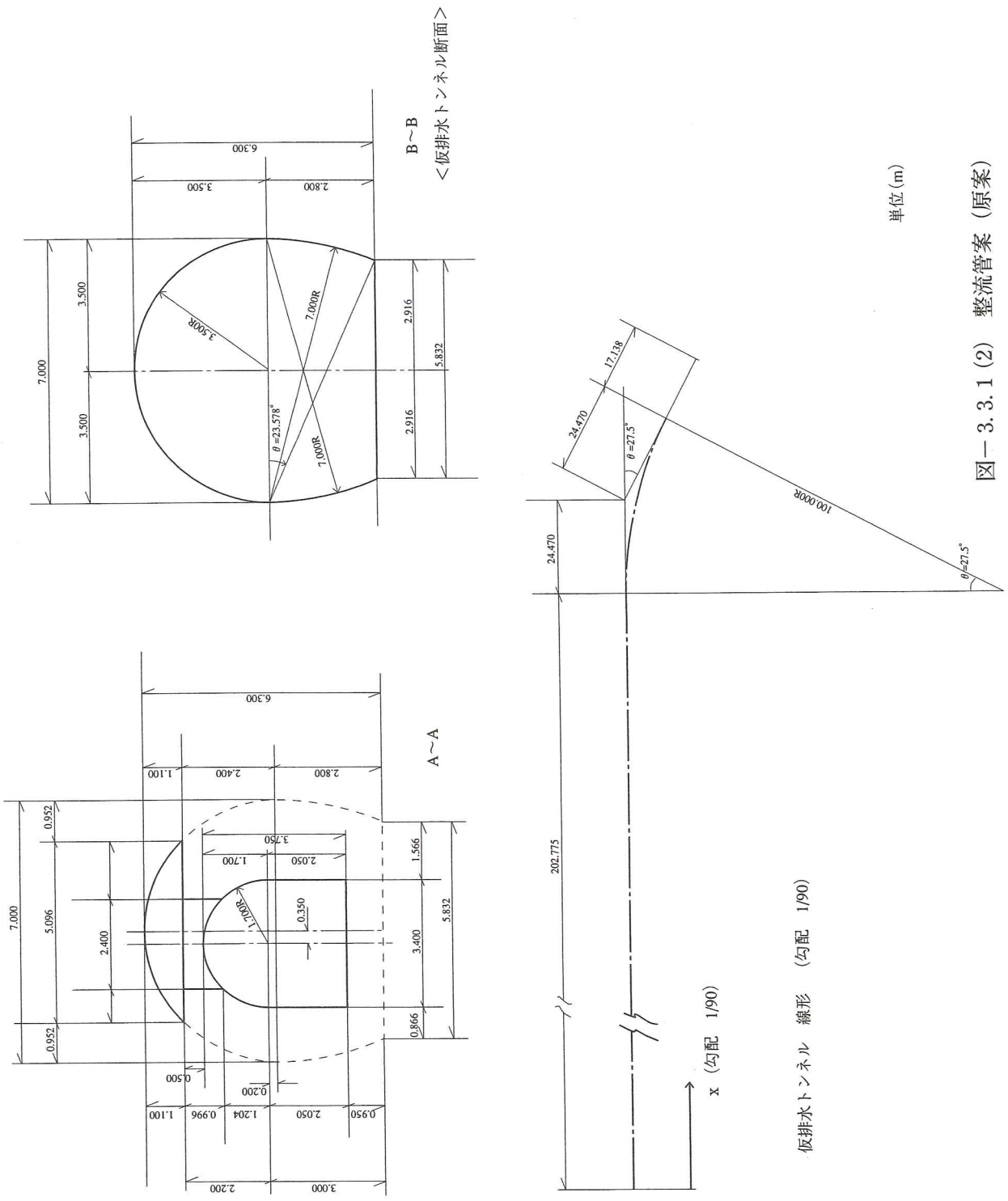
3.3　整流方法の検討

3.3.1　整流管案（原案）の水理模型実験

放流水脈をトンネルへ導流するための原案である整流管案を**図－ 3.3.1(1), (2)** に示す。最終案である**図－ 2.1** の場合とトンネル中心とゲート中心位置の関係が異なるが、これは、原案実験後の測量結果等による変更によるものである。

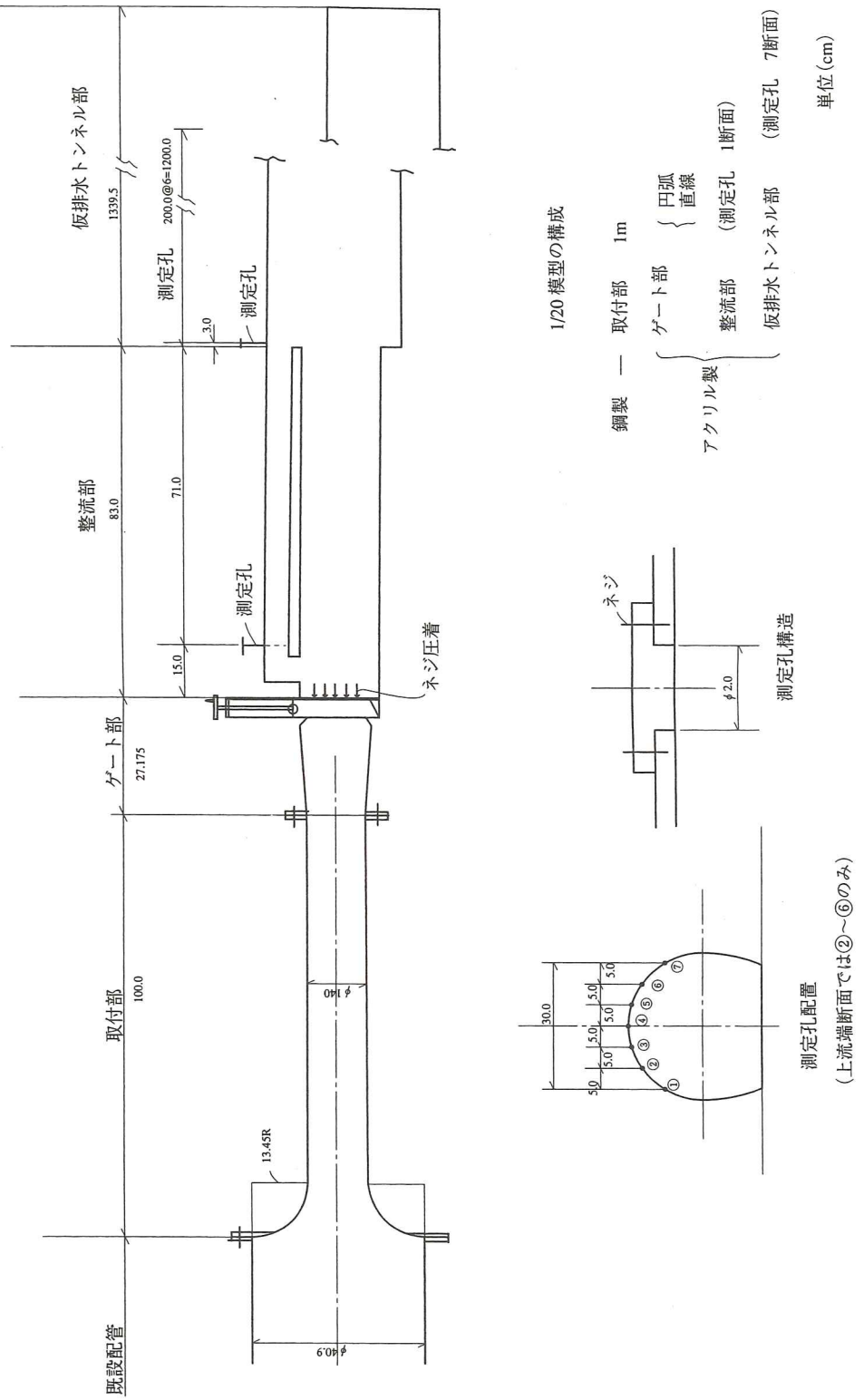


図－ 3.3.1 (1)　整流管案（原案）



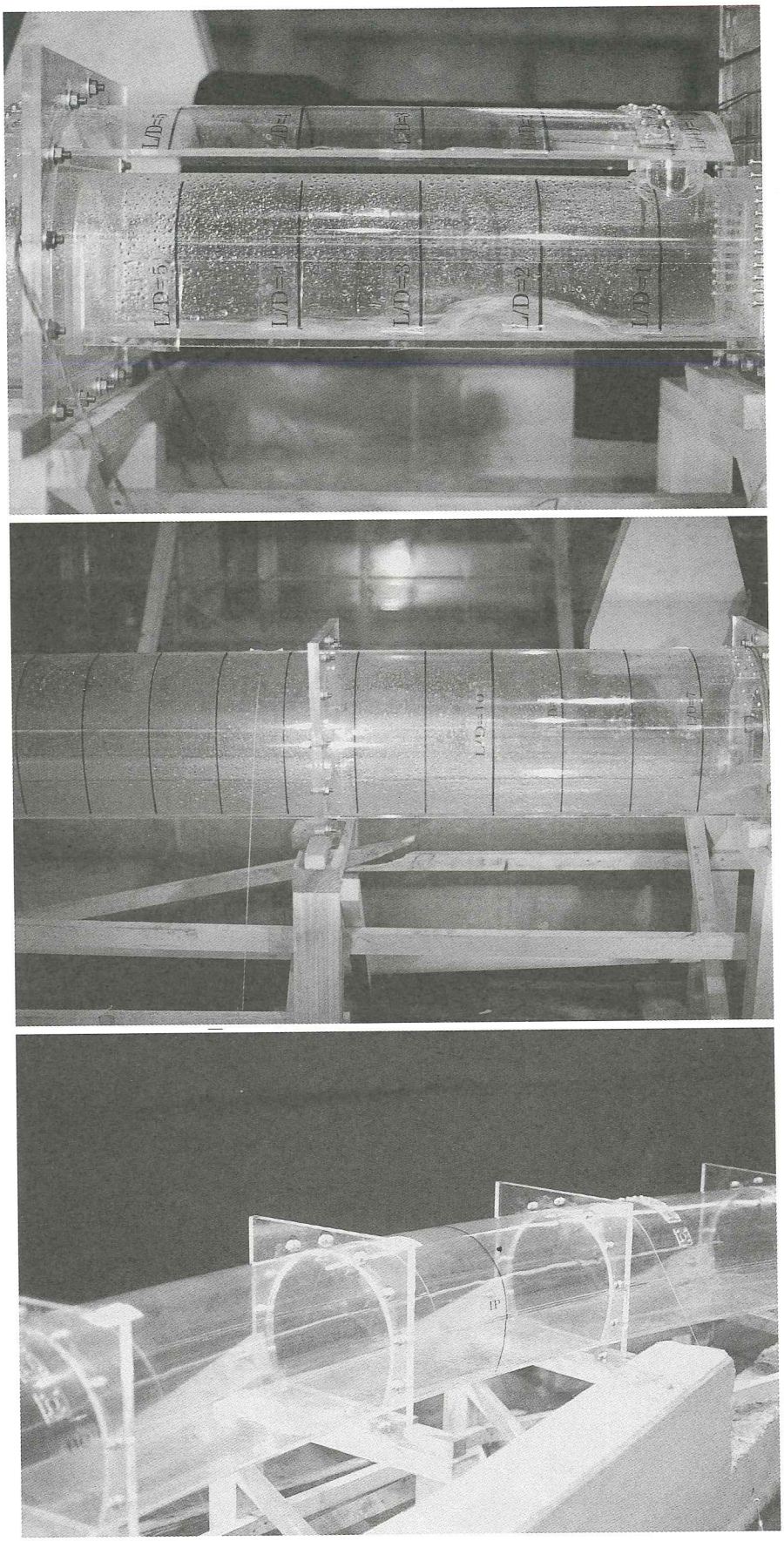
図－３．３．１（２）　整流管案（原案）

実験は、縮尺１／20の透明アクリル製模型を用いて実施しており、模型形状を**図－3.3.2**に示す。実験では、底面が円弧及び直線の両者について、流況調査を行うとともに、空気管における空気量測定を実施した。放流条件は、ゲート開度 $G = 5, 10, 20, 40, 50, 60, 80, 100\%$、$H/D = 20, 27.5$ である。



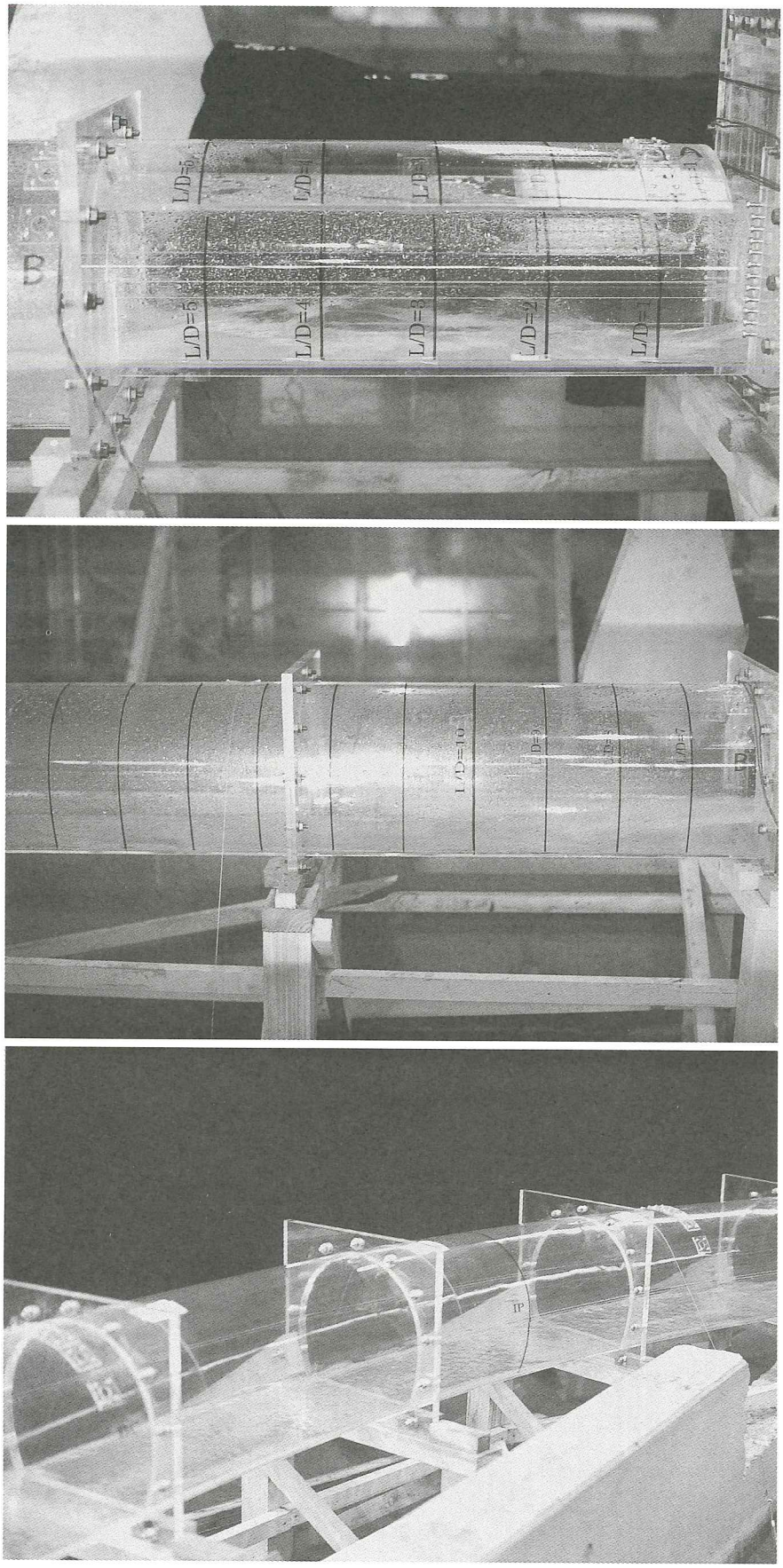
図－3.3.2 1/20模型概要

写真－3.3.1(1)～(8) 及び **3.3.2(1)～(7)** に $H/D = 27.5$ での円弧及び直線形状の流況を示す（ゲート全開での直線の流況は、円弧の場合と同じ）。流況調査は $H/D = 20$ の場合も実施しているが、水脈の乱れの状況が若干緩和される程度で、基本的な違いはない。底面が円弧の場合について整理すると次の通りであり、ゲート開度40～60%及び100%でみられる流況は改善の必要があるものと判断した。



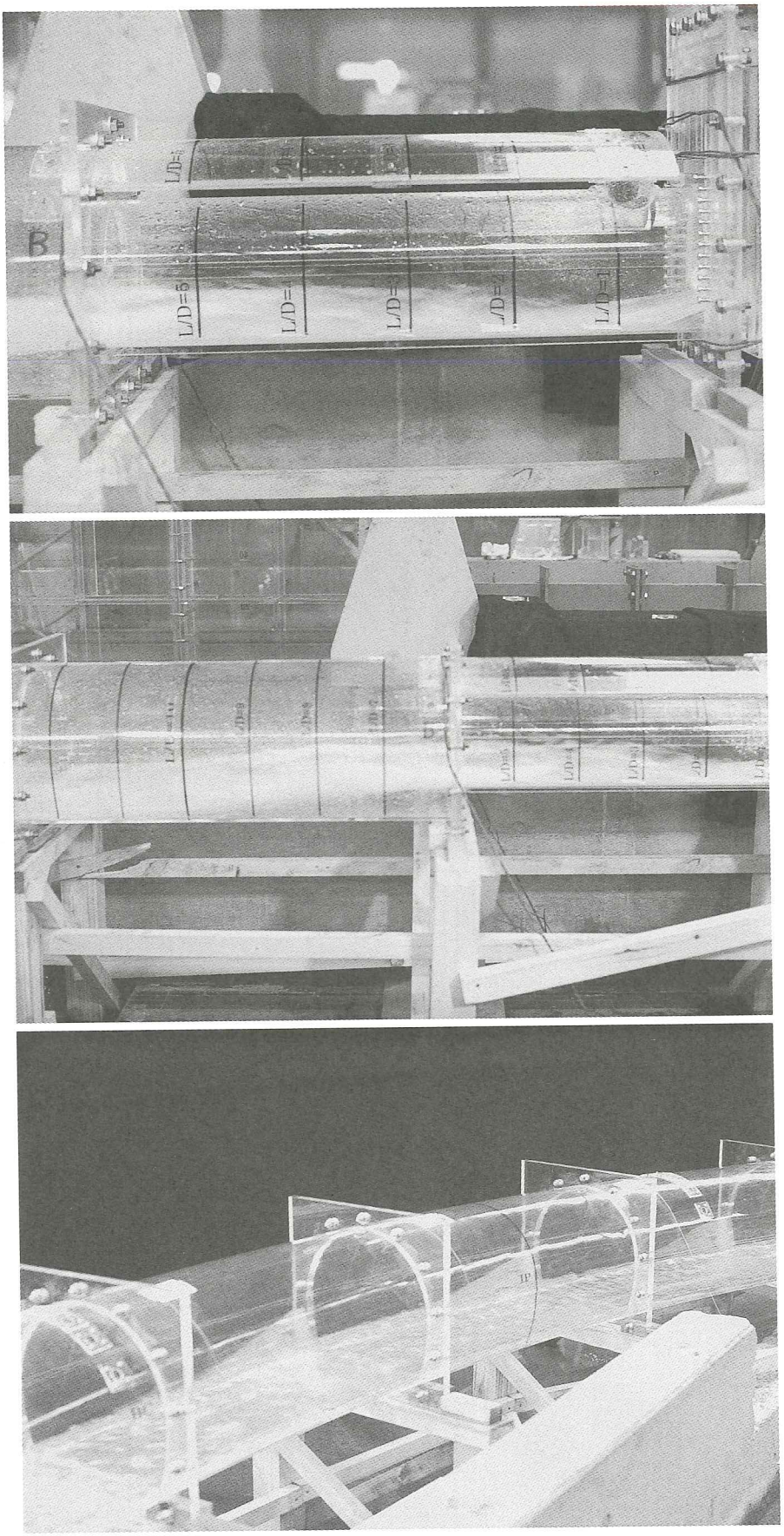
ゲート開度　G＝5%

写真－3.3.1(1)　整流管及びトンネルの流況（円弧:H/D＝27.5）



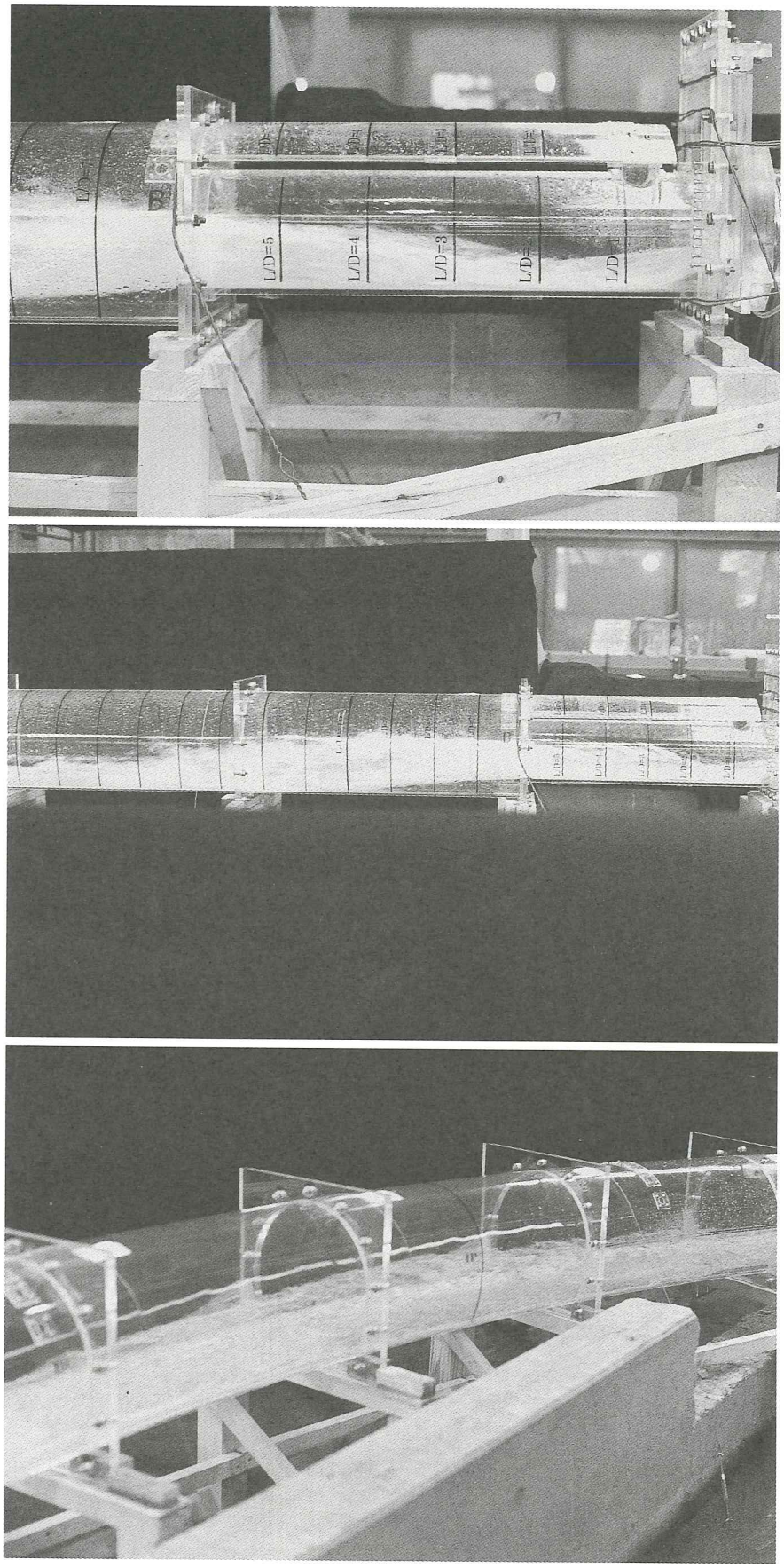
ゲート開度　G＝10%

写真－3.3.1(2)　整流管及びトンネルの流況（円弧:H/D＝27.5）



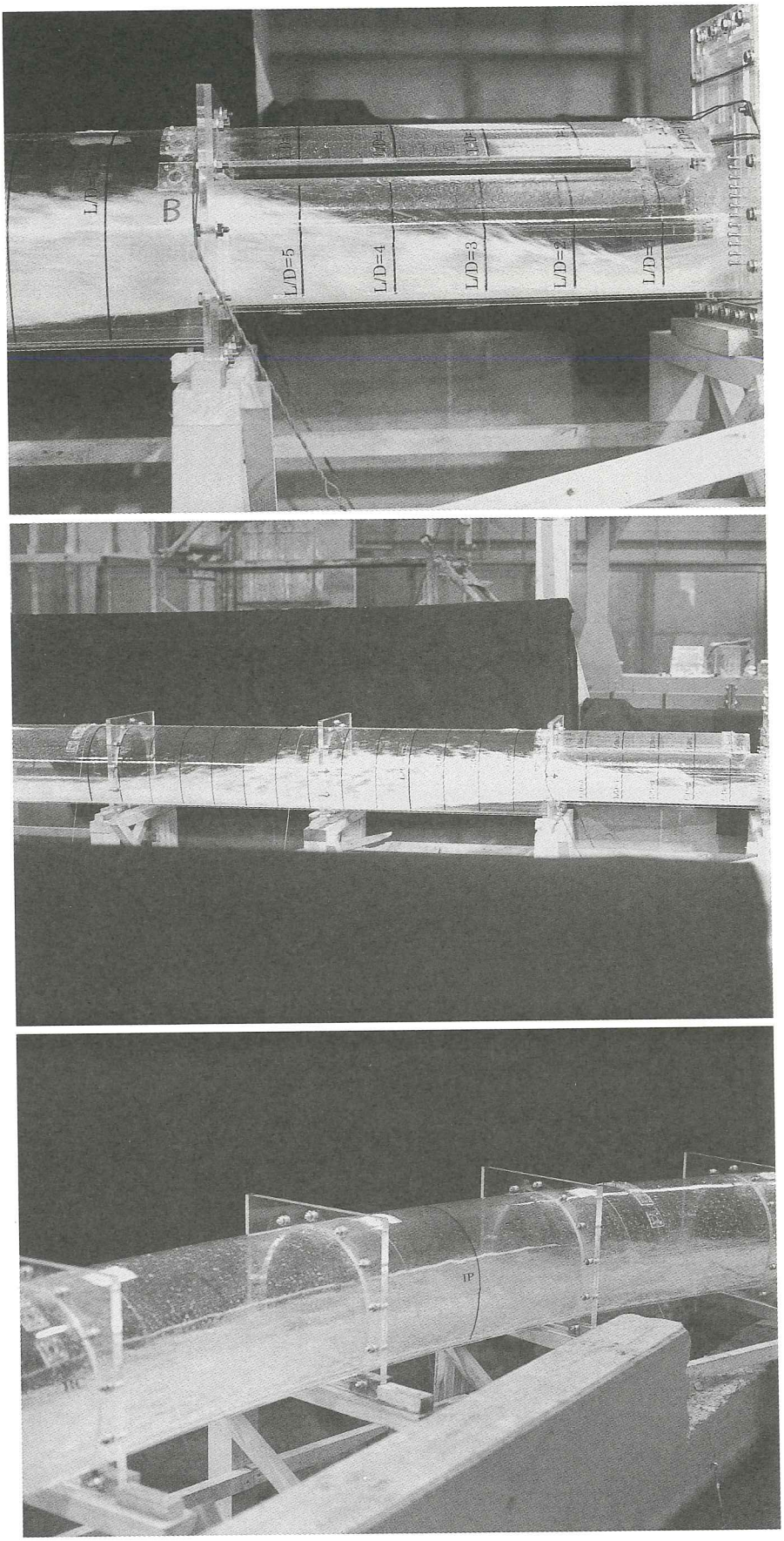
ゲート開度　G＝20%

写真－3.3.1(3)　整流管及びトンネルの流況（円弧:H/D＝27.5）



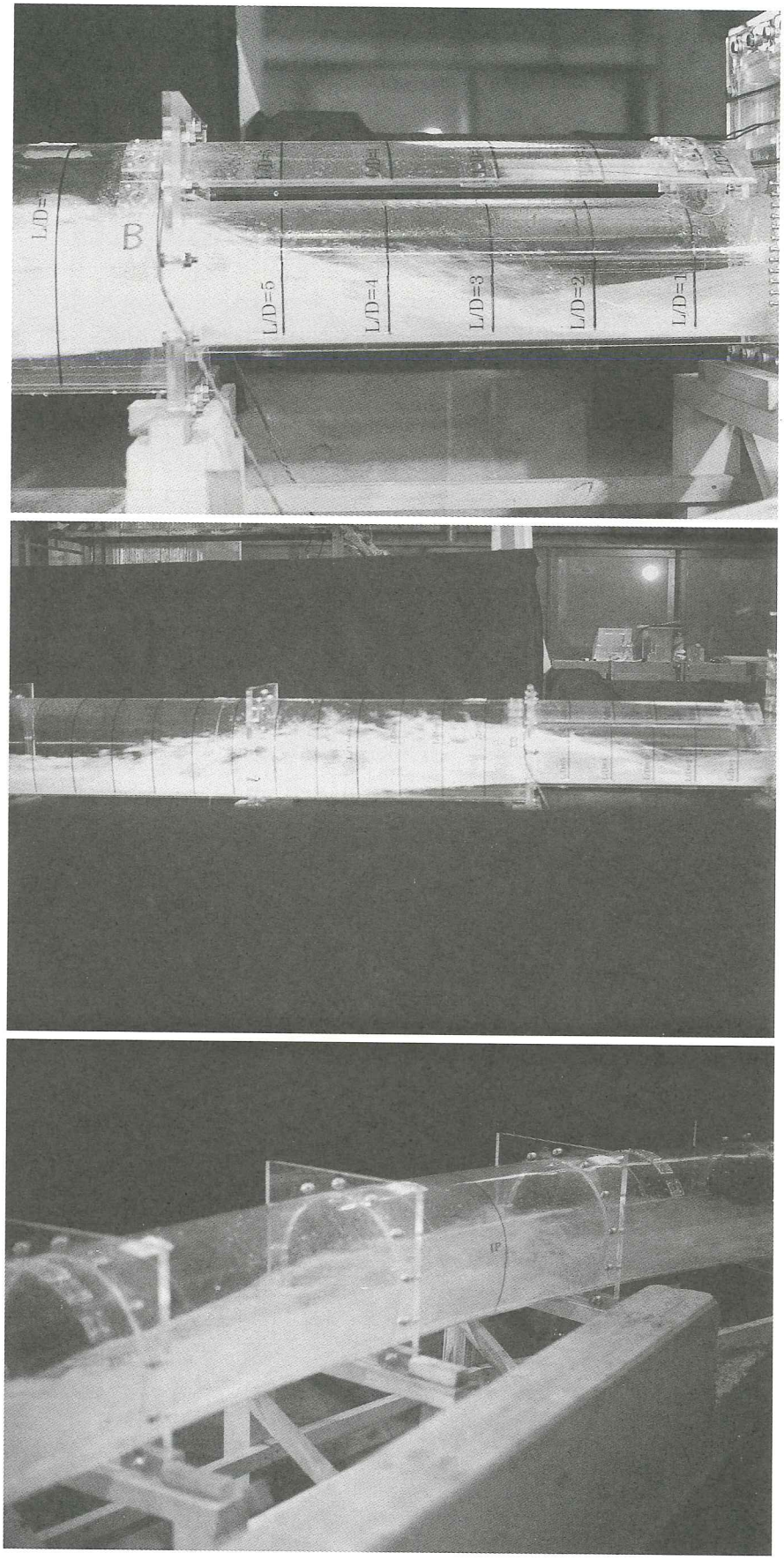
ゲート開度　G＝40%

写真－3.3.1(4)　整流管及びトンネルの流況（円弧:H/D＝27.5）



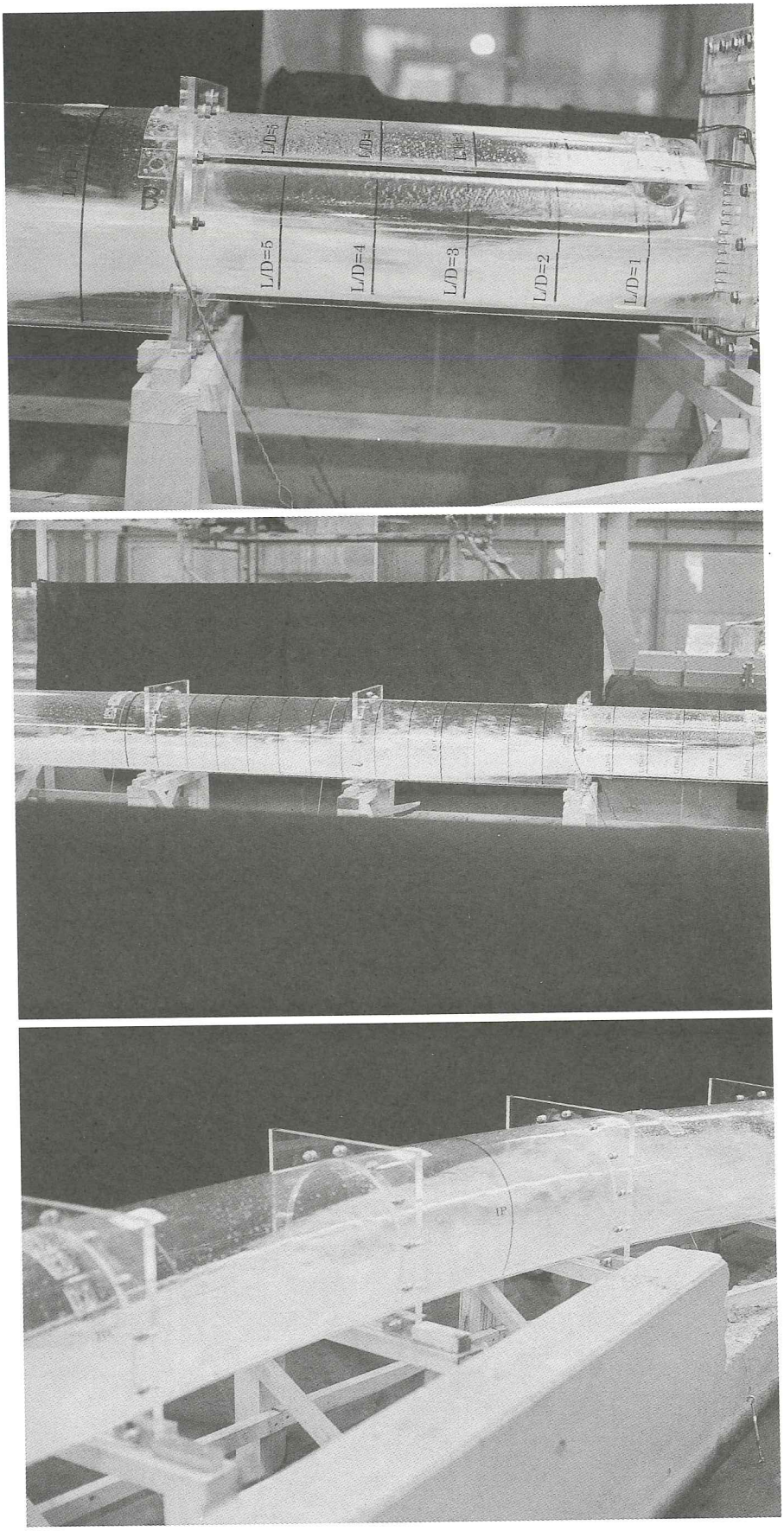
ゲート開度　G＝50%

写真－3.3.1(5)　整流管及びトンネルの流況（円弧:H/D＝27.5）



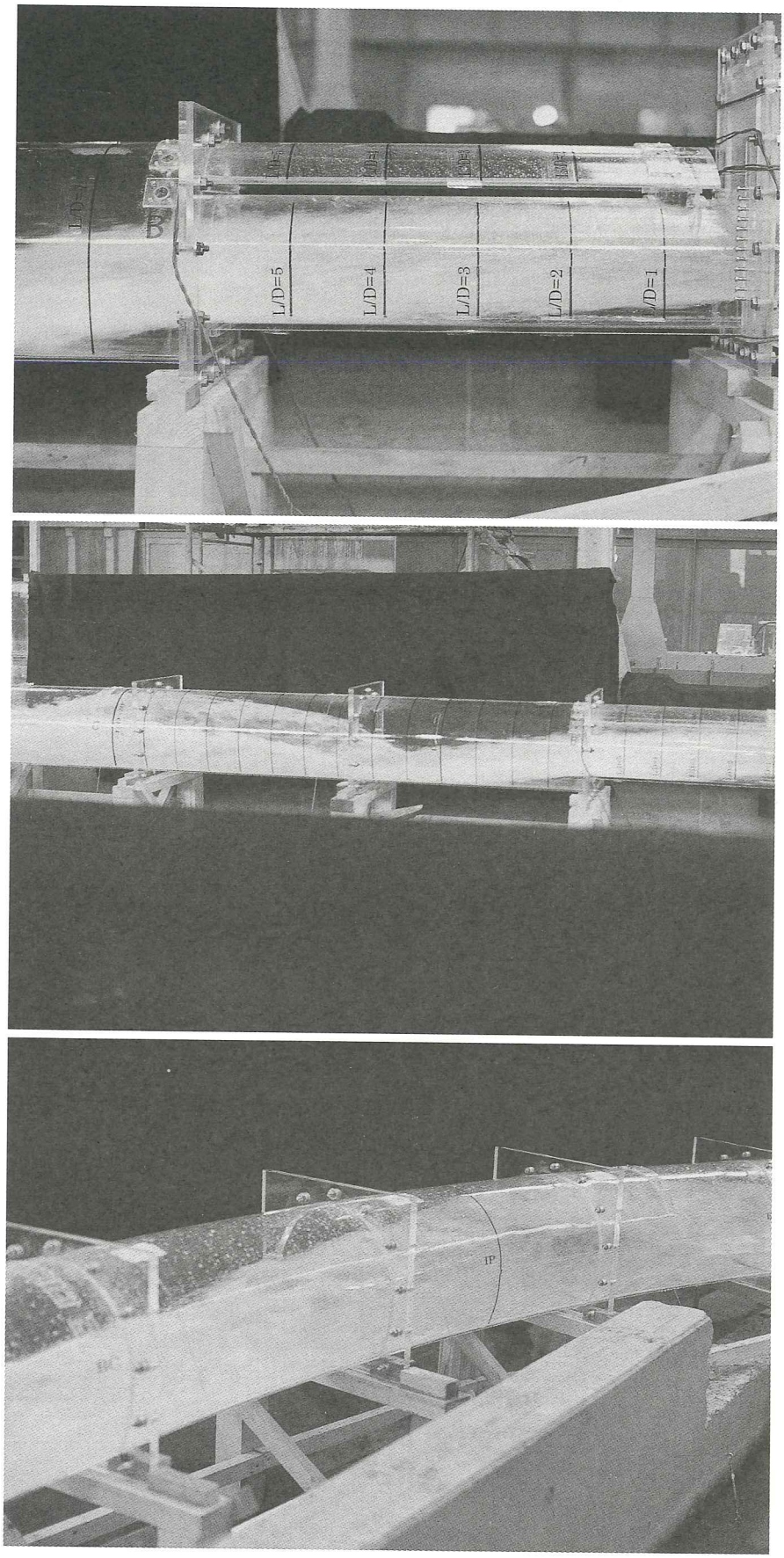
ゲート開度　G＝60%

写真－3.3.1(6)　整流管及びトンネルの流況（円弧:H/D＝27.5）



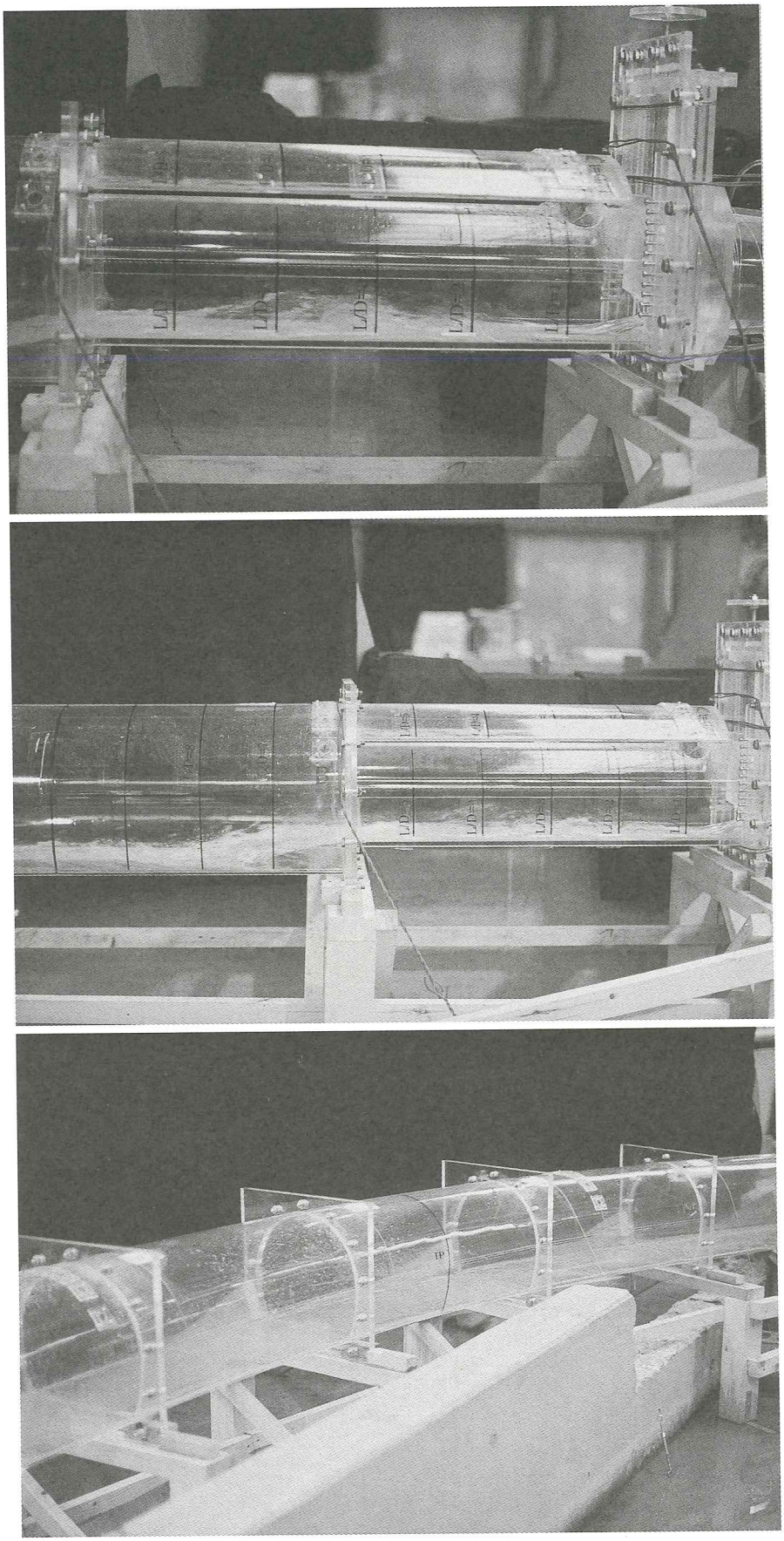
ゲート開度　G＝80%

写真－3.3.1(7)　整流管及びトンネルの流況（円弧:H/D＝27.5）



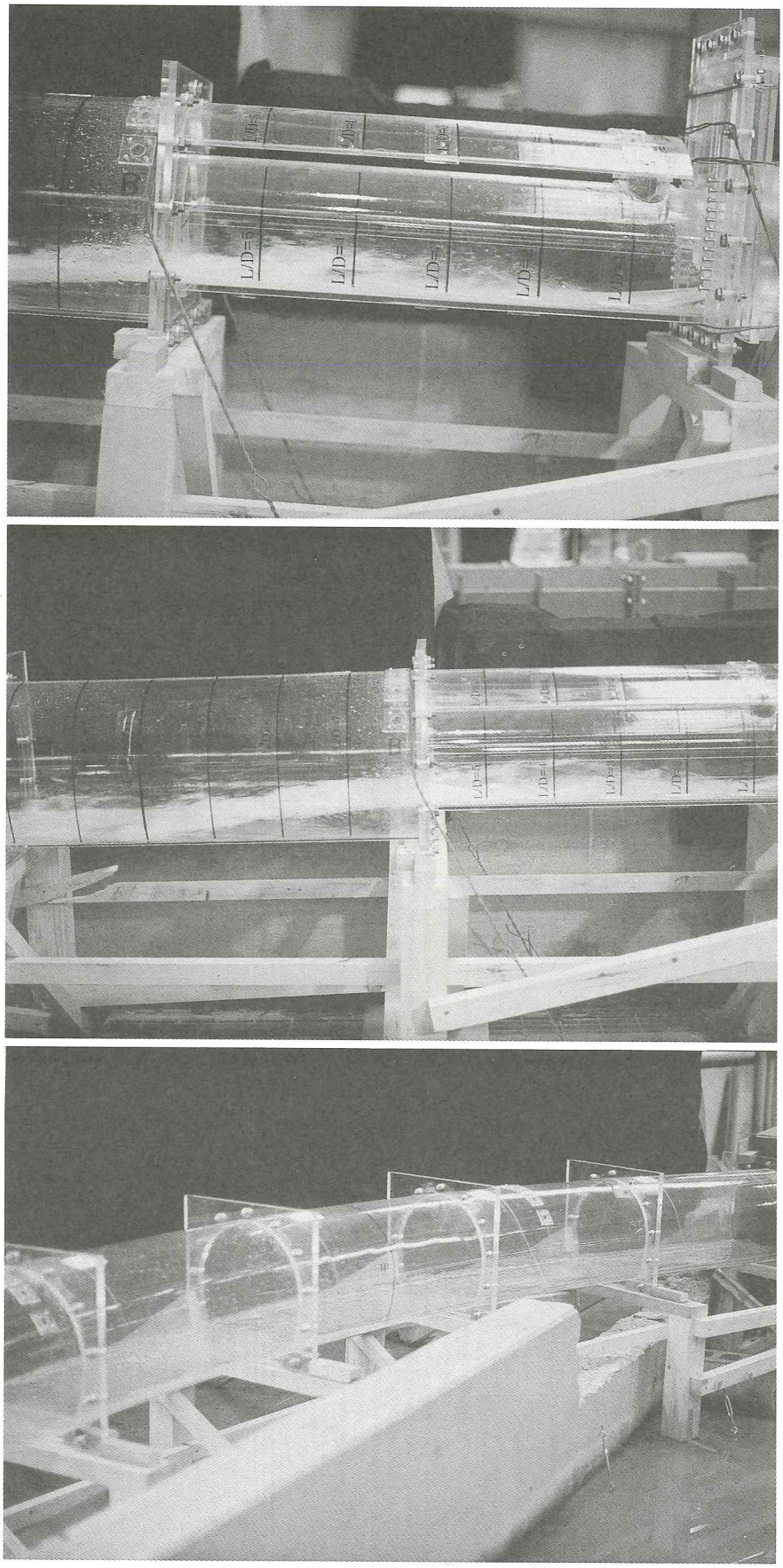
ゲート開度　G＝100%

写真－3. 3. 1(8)　整流管及びトンネルの流況（円弧:H/D＝27.5)



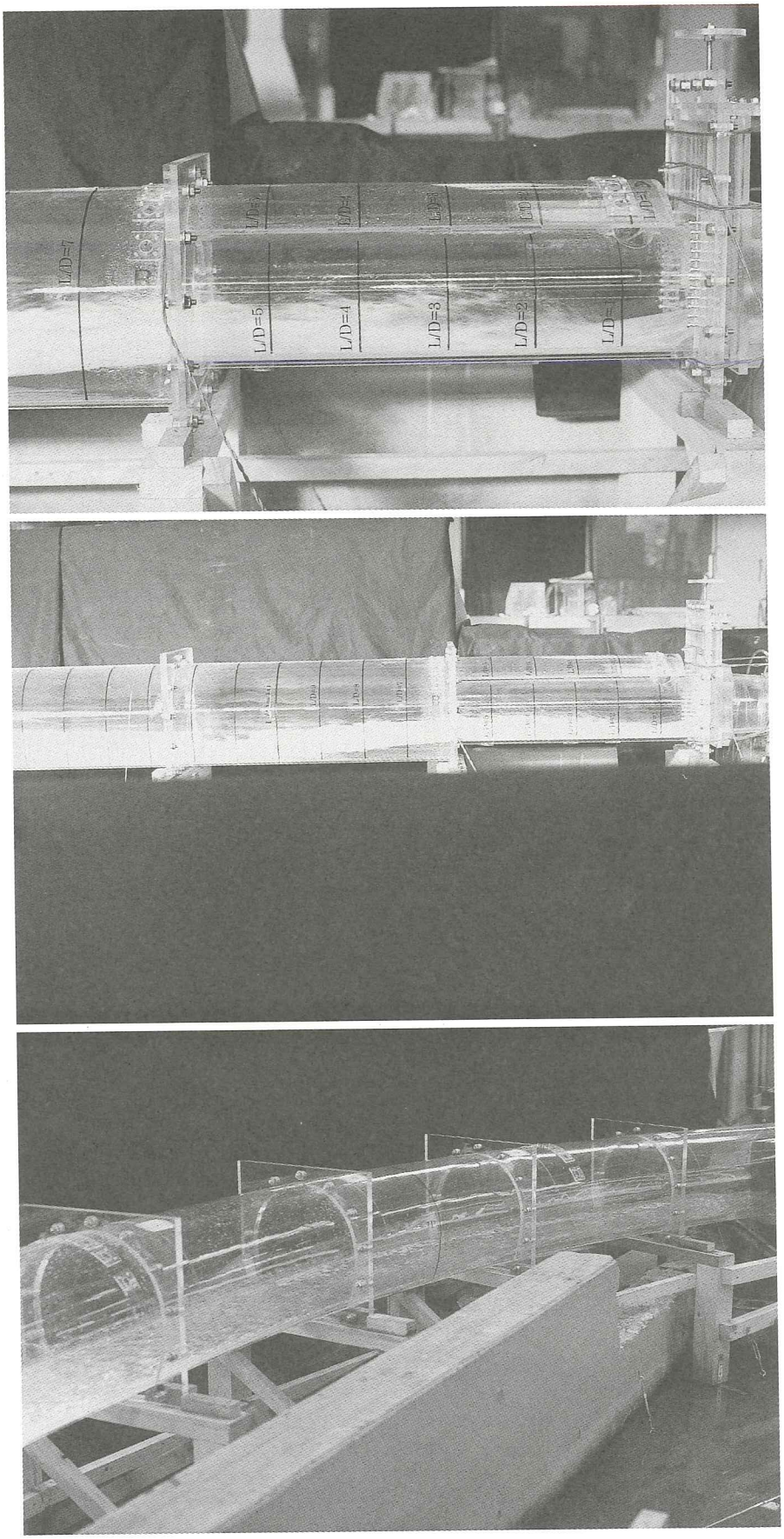
ゲート開度　G＝5%

写真－3.3.2(1)　整流管及びトンネルの流況（直線:H/D＝27.5）



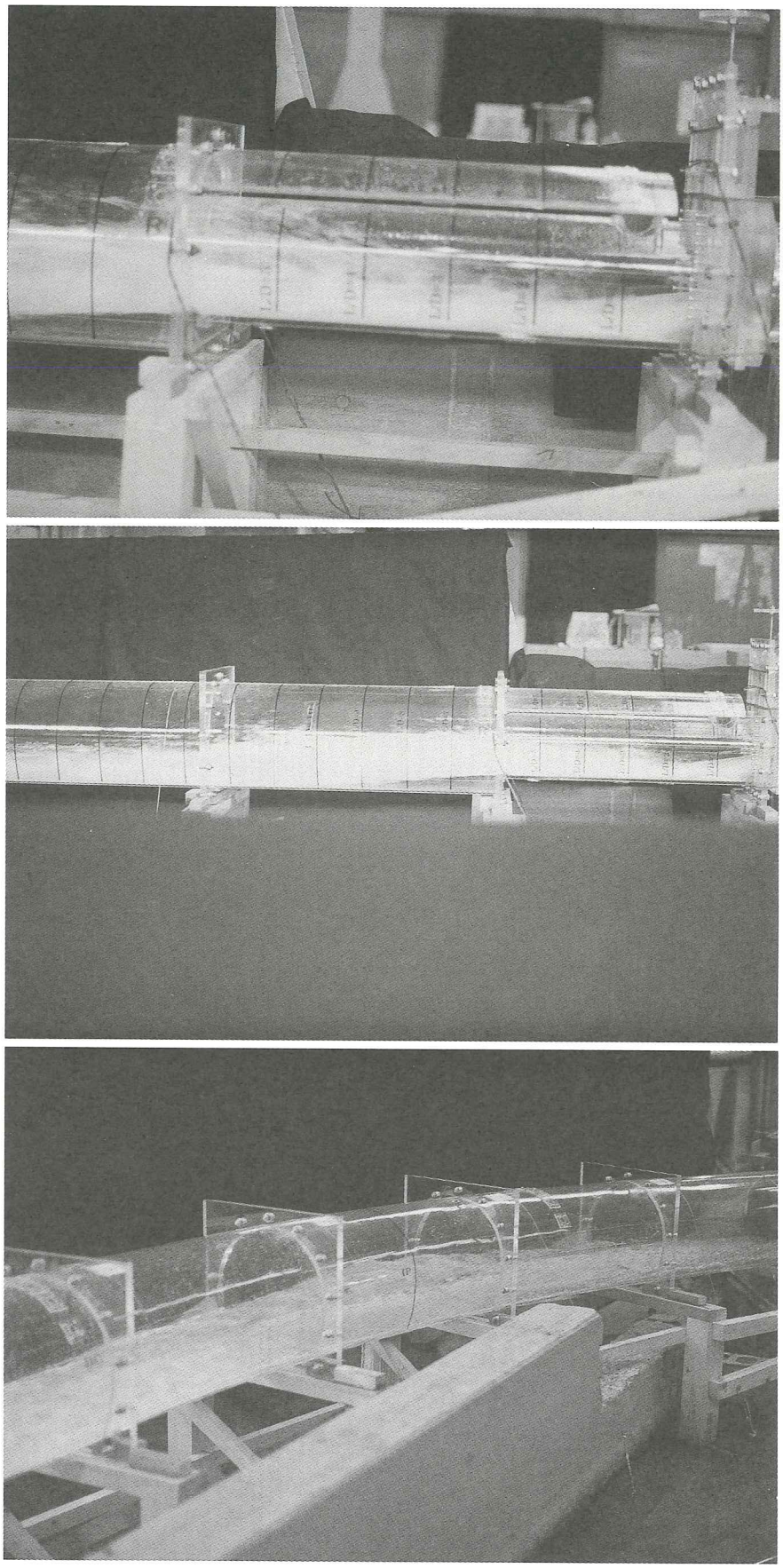
ゲート開度　G＝10%

写真－3.3.2(2)　整流管及びトンネルの流況（直線:H/D＝27.5）



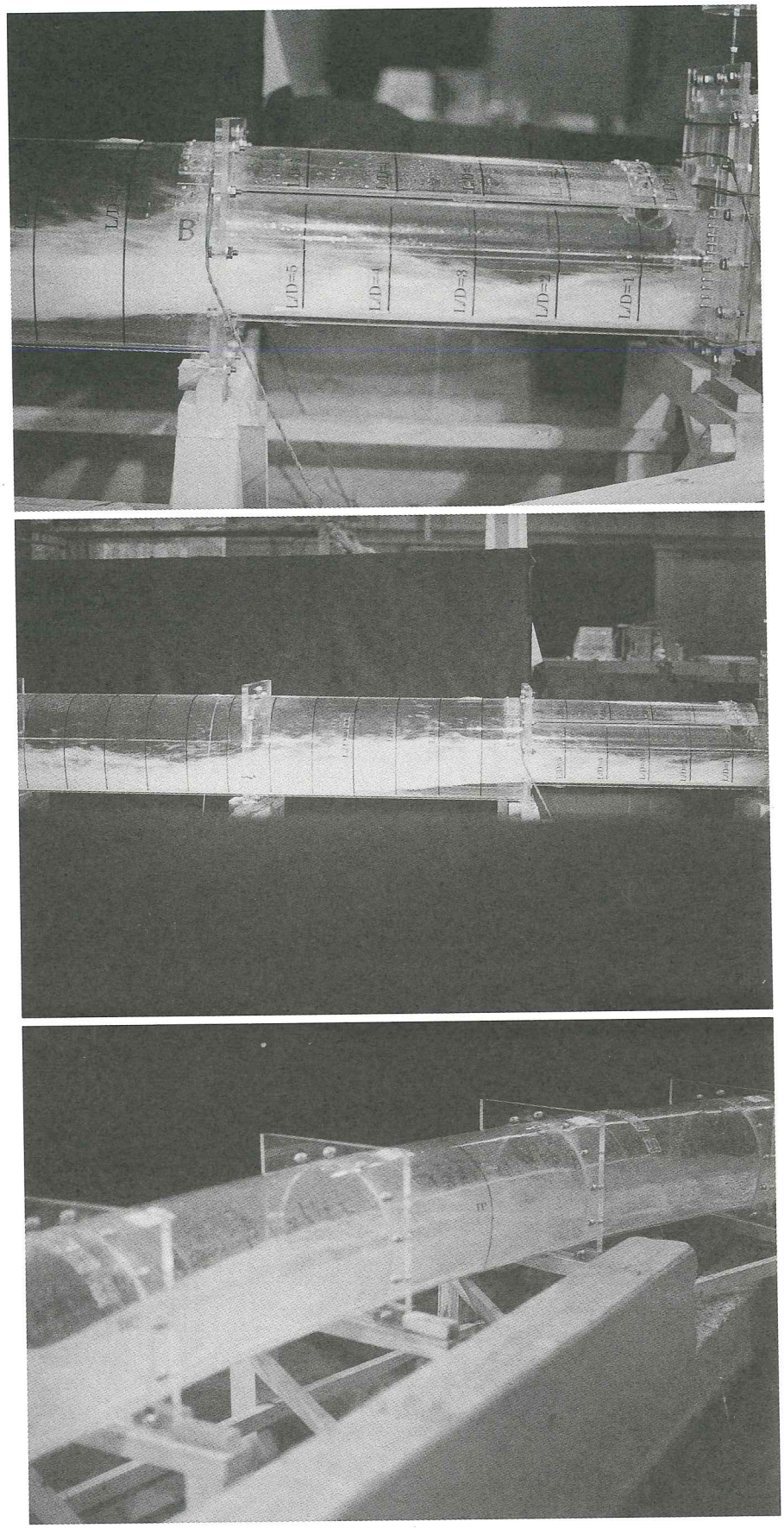
ゲート開度　G＝20%

写真－3.3.2(3)　整流管及びトンネルの流況（直線:H/D＝27.5）



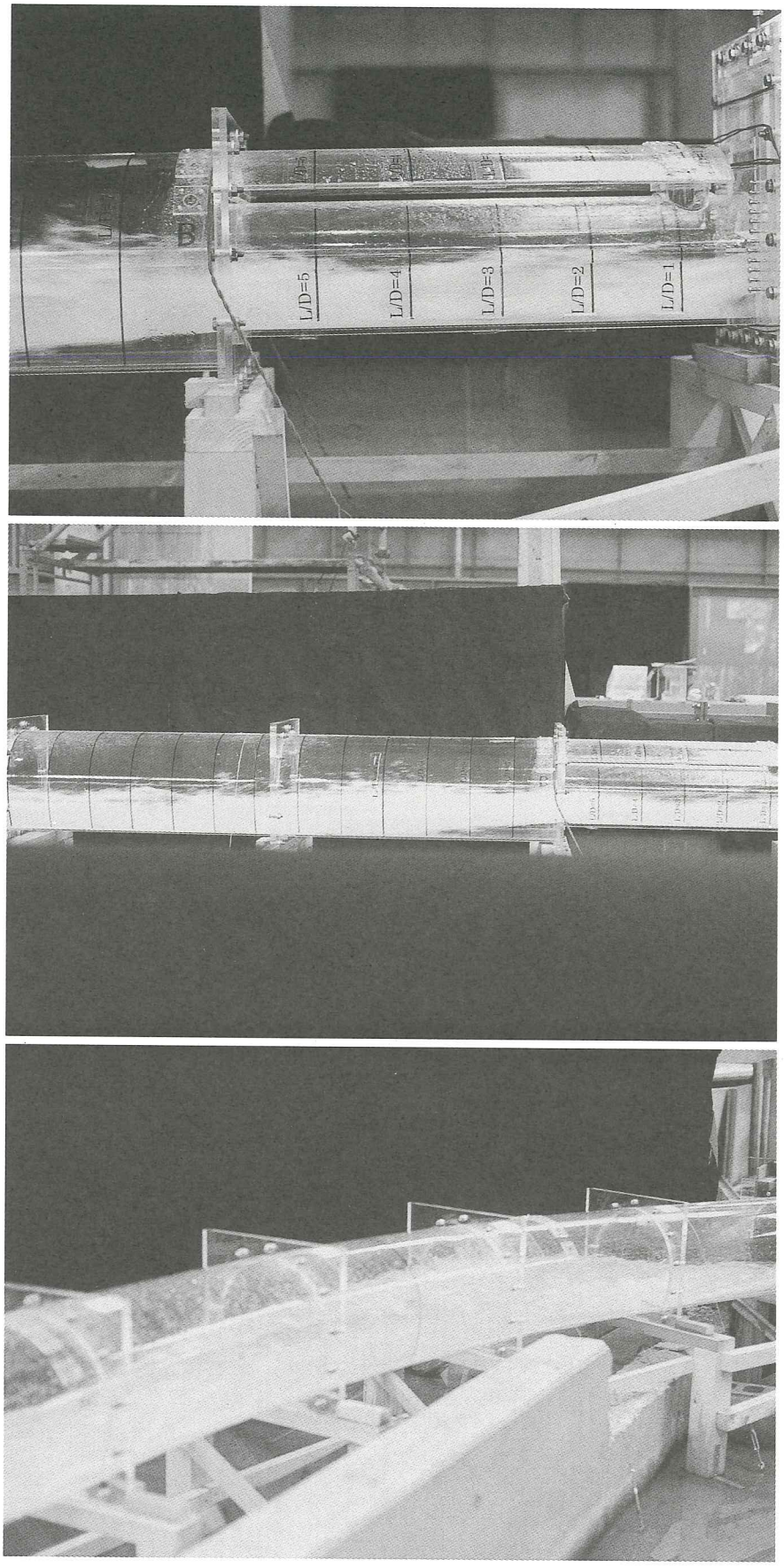
ゲート開度　G＝40%

写真－3.3.2(4)　整流管及びトンネルの流況（直線:H/D＝27.5)



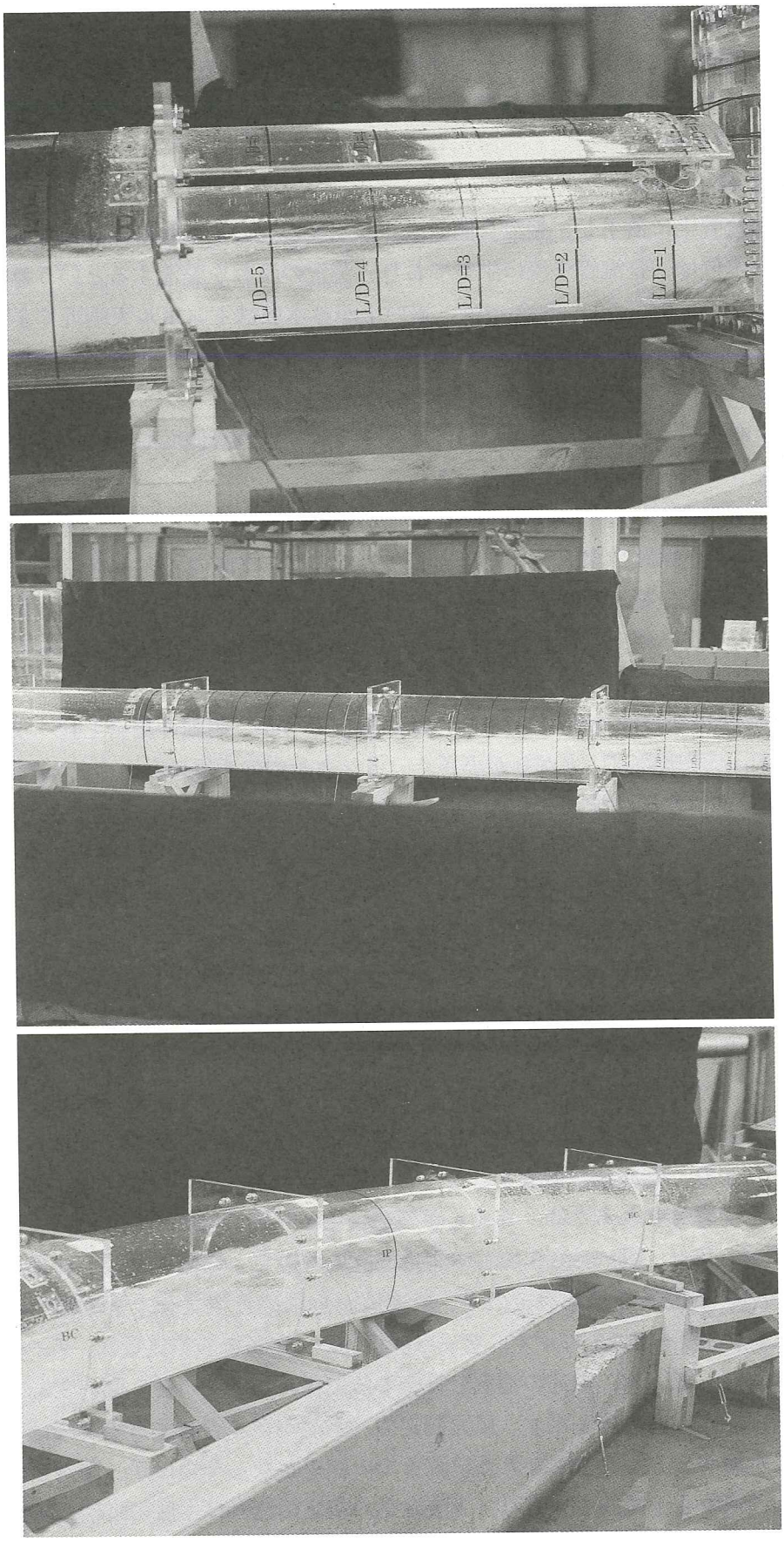
ゲート開度　G＝50%

写真－3.3.2(5)　整流管及びトンネルの流況（直線:H/D＝27.5）



ゲート開度　G＝60%

写真－3.3.2(6)　整流管及びトンネルの流況（直線:H/D＝27.5)



ゲート開度　G＝80%

写真－3.3.2(7)　整流管及びトンネルの流況（直線:H/D＝27.5）

・ゲート開度 20%以下

水脈は整流管上に落下する。ゲート開度が大きくなるに従って、整流管側面での水脈の這い上がりと、それに伴う流況の乱れが生じるが、流れは全体として比較的穏やかであり特に問題となるものではない。

・ゲート開度 40 ～ 60%

水脈は整流管上に落下し、整流管側面沿いの水脈の這い上がりが顕著になる。這いあがった水脈の最高水位は、整流管下流に生じており、流況の乱れを整流するという意味では整流管は機能していない。開度 50 ～ 60%では、這い上がり水脈はトンネル天端近くまで達し、水脈の乱れも大きい。整流管長が不足しているものと考えられる。

・ゲート開度 80%

水脈の上面の落下軌跡は整流管出口付近まで達し、整流管側面沿いの水脈の這い上がりはやや抑えられるが水脈の乱れは比較的大きい。

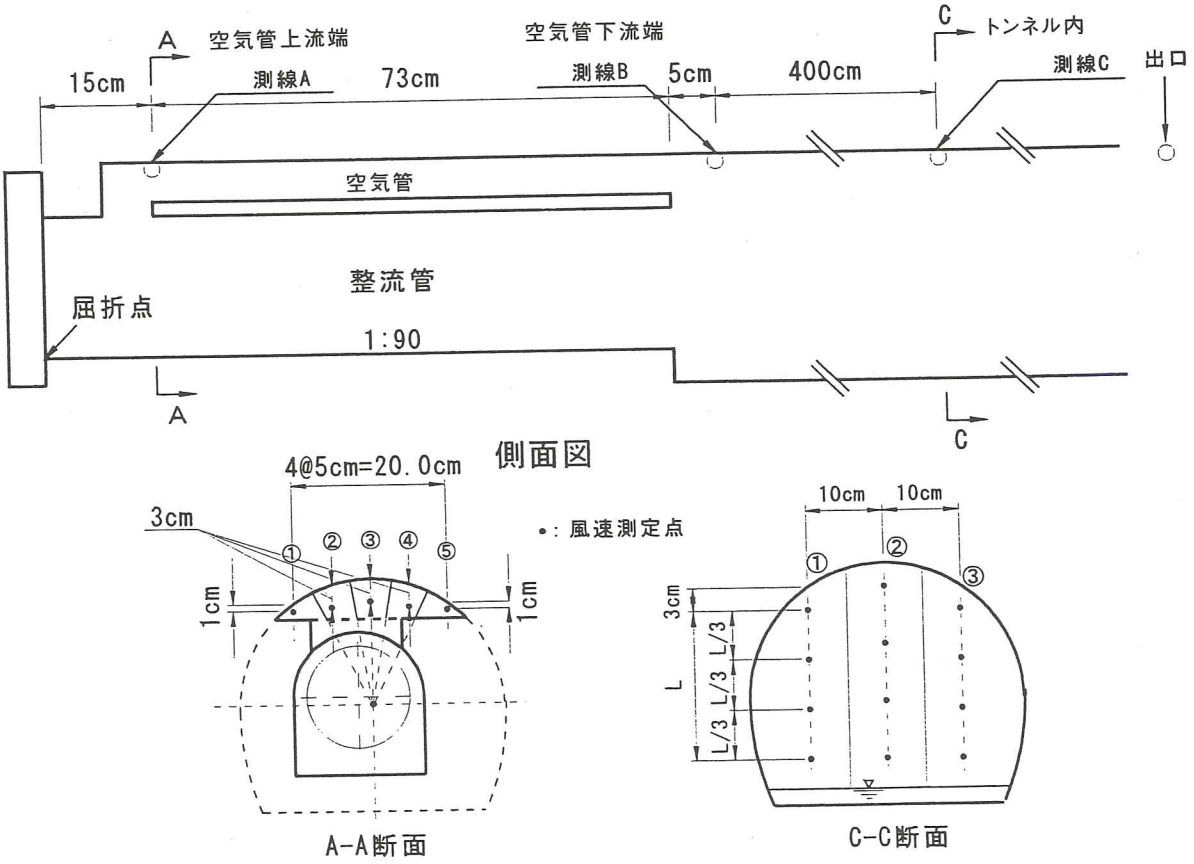
・ゲート開度 100%

水脈上面の落下軌跡は整流管下方にまで達しており、水脈のトンネルへの直接の落下を防止するという意味での整流管機能は発揮されていない。整流管長が不足していると考えられる。また、トンネル内に落下した水脈のトンネル側面での這い上がりが顕著であり、トンネル天端まで達している。

ゲート底面が直線の場合の流況も基本的には同様であるが、円弧の場合と比べゲート開度 40 ～ 60%での側面沿いの水脈の這い上がりが小さく、トンネル内の水脈の乱れもそれ程大きくない。これは、直線の場合には水脈の拡幅が大きく、落下水脈が側面沿いを這い上がるより上流側において拡幅水脈が側面に達し、這い上がり水脈を抑えることによるものと推察される。なお、整流管内のゲート直下流では、全般に直線の場合が水脈の乱れが大きく、特にゲート開度 60 ～ 80%では、間欠的に整流管断面全体に亘り水脈が飛散する状況が見られた。

上記は、ゲート周辺の流れである。写真には、トンネル出口湾曲部での流れも示してあるが、ゲート開度が大きくなると、湾曲部の這い上がりも顕著になり、ゲート全開では、トンネル天端まで達している。模型上では、這い上がり水脈の落下までには至らず、螺旋流が形成されることはなかったが、流況としては、螺旋流が形成される限界に近い流況である。原型と模型とでは摩擦損失や空気混入の影響がやや異なることが予想され、原型での摩擦損失の低減、更なる空気混入による流積の増大などにより、螺旋流が形成されることが懸念される。その場合には、流況の悪化による給気量の低下などが懸念されるため、なんらかの這い上がり低減措置が望まれる。

以上の流況調査と併せ、**図－ 3.3.3** に示す測定位置において、空気管及びトンネル内の風速測定を実施した。測点の支配断面積を設定の上、風速値から求めた空気管上下流端での空気量（模型値）を**図－ 3.3.4** 及び**表－ 3.3.1** に示す。ゲート開度 40 ～ 80%での空気量は、ゲート底面が円弧形状のものが大きくなっており、前述の流況と符合する関係になっている。**図－ 3.3.5(1) ～ (3)** にはトンネル内及び出口での風速分布を示す。風速測定は、水滴が多く存在する場所では実施することができないため、水面からある程度はなれた位置までの測定となっているが、図から分かるように、計測された風向は何れも上流向きであり、下流向きの空気の流れは水脈の近傍に限られることが推察される。



図－3.3.3　風速測定位置（原案）

3.3.2　導水路案の作成

3.3.1 に示したように、原案整流管による導流には修正が必要であり、修正案を検討した。検討結果は、**図－2.1** に示した最終案であり、案の内容と趣旨を以下に示す。

①ゲート下流は整流管ではなく、トンネル断面へと水流を導く導水路を基本形として設計する。

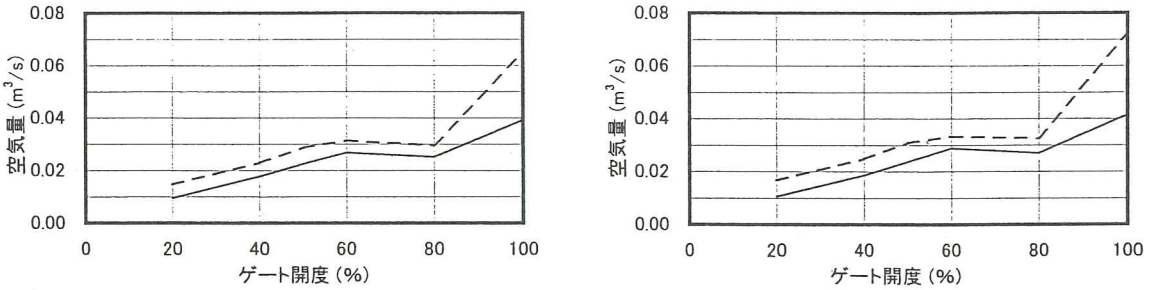
実験の結果得られた原案整流管での問題点を再整理すると以下の通りである。

（ア）ゲート全開で、作用水頭が大きい場合には、整流管内に落下しない水脈が見られており、延長が不足している。

（イ）ゲート全開で整流管を出た水脈は、トンネル落下後に大きく壁面に沿って跳ね上がっており、安定した空気流を阻害する可能性がある。空気流の阻害は、ゲート半開時の比較的大きいゲート開度でも懸念される。

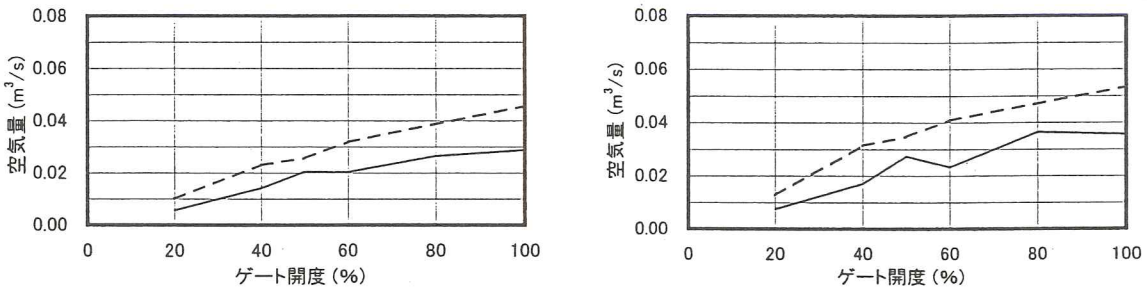
（ウ）ゲート半開時の流況は、底面が円弧の場合のものが直線のものより悪化しており、かつ空気量も大きいものとなっている。

まず、（ウ）に着目すると、ゲートからの放流水脈は円弧のものが拡がりも小さく安定していることから、原案整流管とゲート形状の組み合わせが良くないものと考えられた。すなわち、従来のジェットフローゲートでは、側方への水脈の拡がりが大きく、整流管側面に衝突した流れと主水脈との相互干渉により、主水脈落下後の跳ね上がりを抑制していたが、今回採用のゲートは拡がりが小さく、単位幅当たり流量の大きな流れが整流管底面に落下し、大きく跳ね上がる結果となっている。このことは、今回のゲート形状では、側方への拡幅水脈を整流することにあまり意



(1) 平均空気量　　(2) 最大空気量

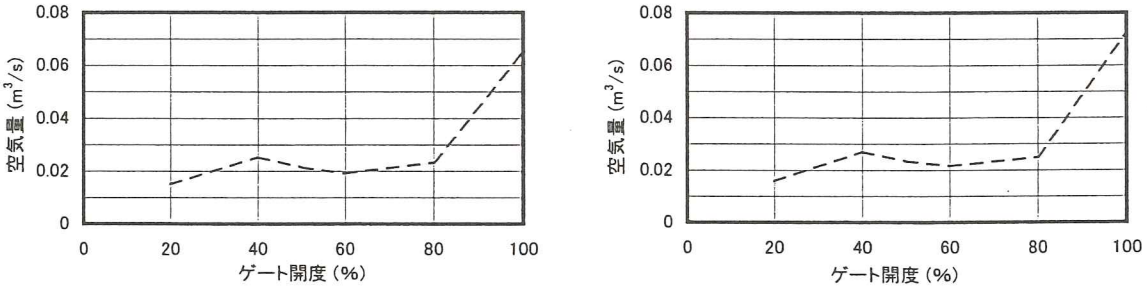
(A) 上流端



(1) 平均空気量　　(2) 最大空気量

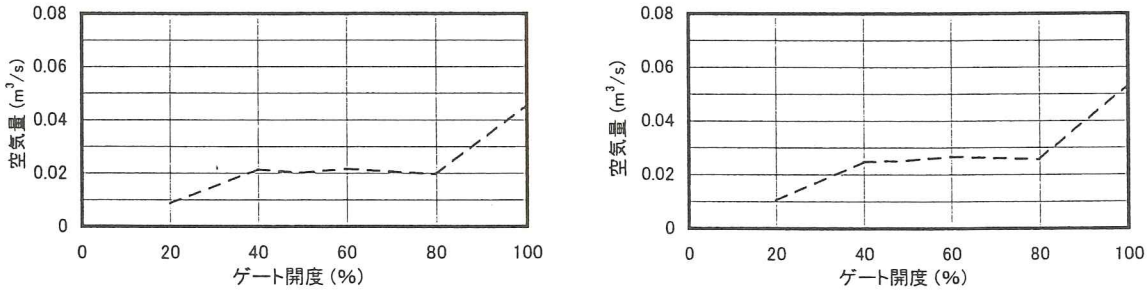
(B) 下流端

(Ⅰ)　　(円弧)



(1) 平均空気量　　(2) 最大空気量

(A) 上流端



(1) 平均空気量　　(2) 最大空気量

(B) 下流端

(Ⅱ)　　(直線)

凡例	総水頭
———	20D
－ － － － －	27.5D

管直径：D＝0.14m

図－3.3.4　空気管上下流端の空気量（原案：模型値）

表－3.3.1　空気管上下流端の空気量（模型値）

ｹﾞｰﾄ開度（%）	H/D	（円弧）				（直線）			
		平均空気量		最大空気量		平均空気量		最大空気量	
		上流端	下流端	上流端	下流端	上流端	下流端	上流端	下流端
20	20	0.010	0.006	0.011	0.008				
	27.5	0.015	0.010	0.017	0.013	0.015	0.009	0.016	0.010
40	20	0.018	0.014	0.019	0.017				
	27.5	0.023	0.025	0.025	0.031	0.025	0.021	0.027	0.025
50	20	0.023	0.021	0.024	0.028				
	27.5	0.029	0.026	0.031	0.035	0.021	0.020	0.023	0.025
60	20	0.027	0.020	0.029	0.023				
	27.5	0.031	0.032	0.033	0.041	0.019	0.022	0.022	0.027
80	20	0.025	0.026	0.027	0.036				
	27.5	0.030	－	0.032	－	0.023	0.020	0.025	0.026
100	20	0.039	0.029	0.041	0.036				
	27.5	0.065	0.046	0.072	0.053				

①表中の空気量の単位：m^3/s
②上流端：給気管上流端（測線 A）
③下流端：給気管下流端（測線 B）

味がないことを示しており、主として主水脈の落下後の処理を考えればよいことを表わしている。

また、(ア)の対応策として仮に原案の整流管を延長するものとしても、整流管内での効果的な減勢が得られない限り、(イ)で示した全開時の整流管からの水脈の跳ね上がりは避けられないことを示している。

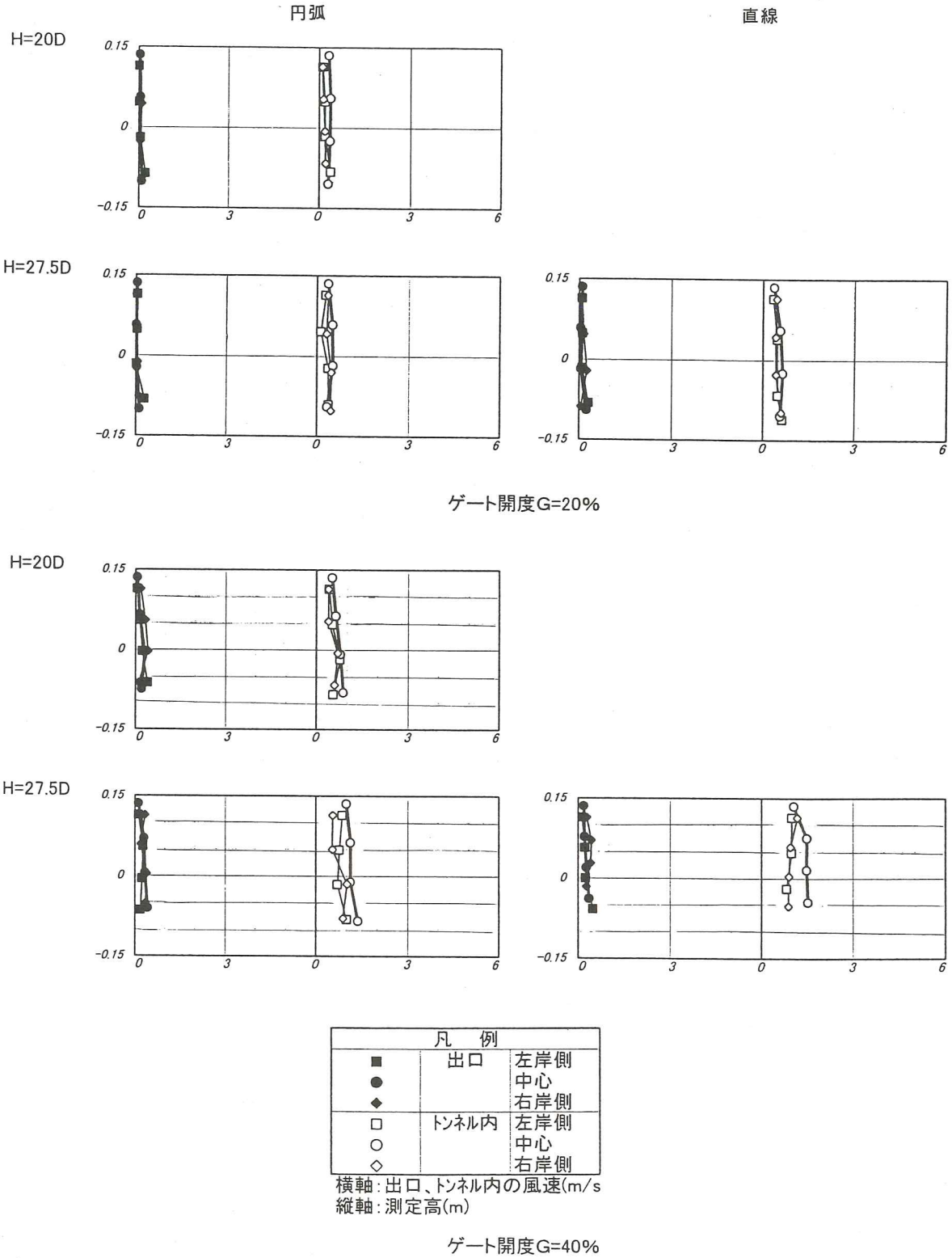
以上より、トンネル軸に平行な整流管でなく、落下水脈を下流トンネルへとスムーズに導くための導水路にてゲート下流の流水処理を実施することとした。具体的には、水路底面に勾配をもたせ、着水時の衝突角度を小さくして落下水脈の拡幅を小さくするとともに、側部について拡幅し、トンネル側面への水脈のすり付けを滑らかにすることとした。本形式の妥当性については、形状が異なるが、**図－3.3.6** に示す形状での予備実験により確認している。なお、(イ) のゲート半開時の空気流の阻害については、整流管の延長により対応可能なものと思われる。

上記の水路勾配設定範囲及び拡幅範囲は水脈落下範囲以上の範囲とした。**図－2.1(1)** には水脈上面の落下軌跡（H／D＝27.6）も併せて示しているが、実験案は全開時の放出角度 θ ＝0度の場合を対象に設定している。

ゲートの放流水脈調査によれば、全開時の θ ＝－2～－4度であり、水脈がやや上方向きに放流される結果となっているが、上方への放出は考えにくく、空気混入等の乱れによる水脈の拡大が主たる要因になっていることが推察される。こうした乱れ成分による落下位置での動水圧作用や水脈跳ね上がりの影響は小さいものと考えることができ、ここでは、θ ＝0の場合を対象とした。

②落下水脈の跳ね上がりを抑え、上方に十分な空気流の空間を確保するため、デフレクターを設置する。

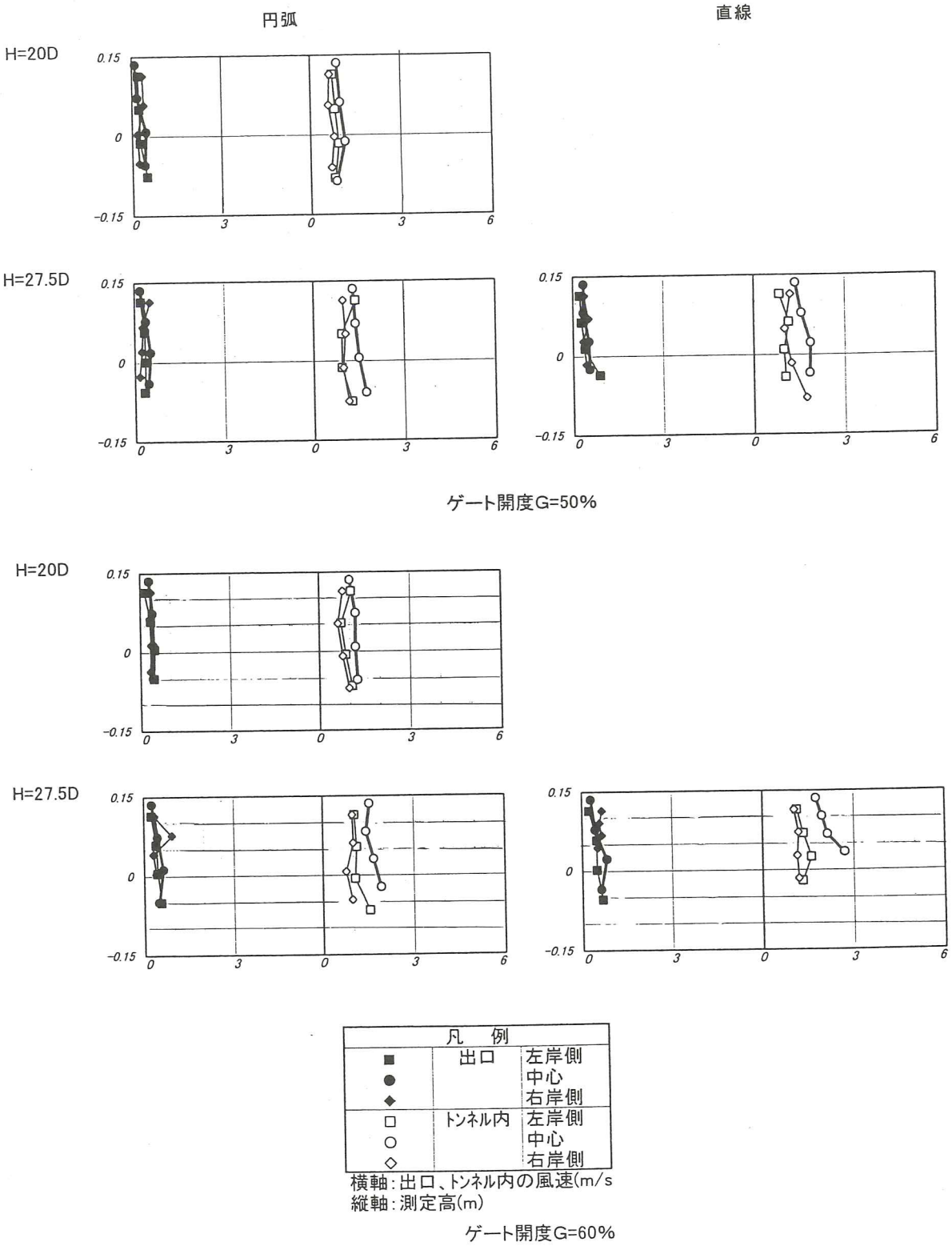
①の導水路案についてのゲート全開での予備実験（**図－3.3.6**）によれば、水頭が大きい場合には、比較的スムーズな導流状況が得られたが、低水頭時には、落下水脈の顕著な跳ね上がりがみ



図－3.3.5 (1)　トンネル内及び出口の風速分布（原案：模型値）

られた（**写真－3.3.3**）。この水脈は側壁沿いのものであり、水脈は比較的薄くそれほど強い流れでもないので、デフレクターにより抑えることとする。1m の張出しとした予備実験により、十分な効果が得られることが確認されており、張出し規模は 1m 以下と考えてよい。

なお、デフレクターの設置範囲は、水脈落下位置下流までとし、安定した空気流の確保のため、

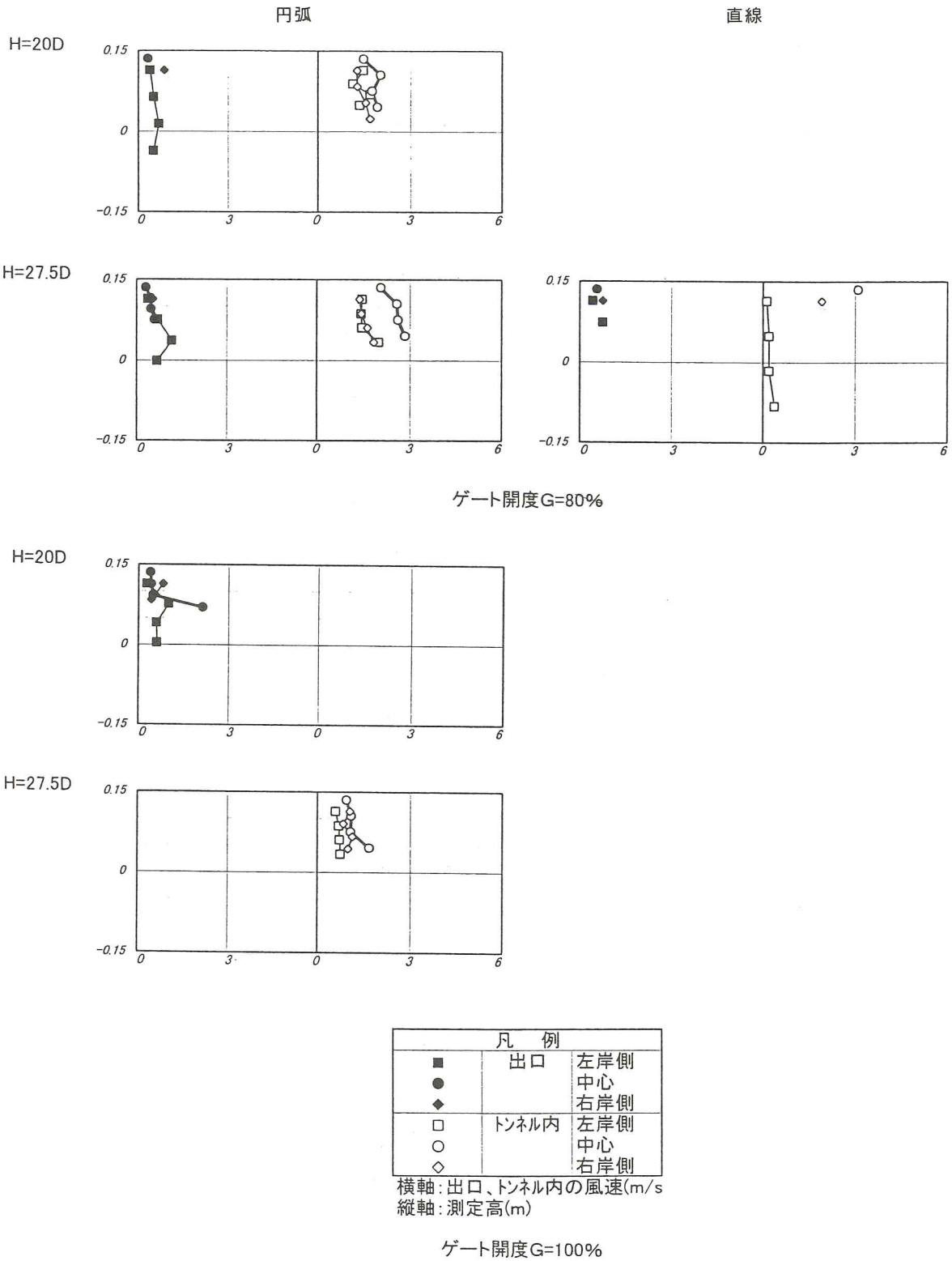


図－3.3.5 (2)　トンネル内及び出口の風速分布（原案：模型値）

落下水脈軌跡を参考に、水路出口での断面高をトンネルの約1/2とした。

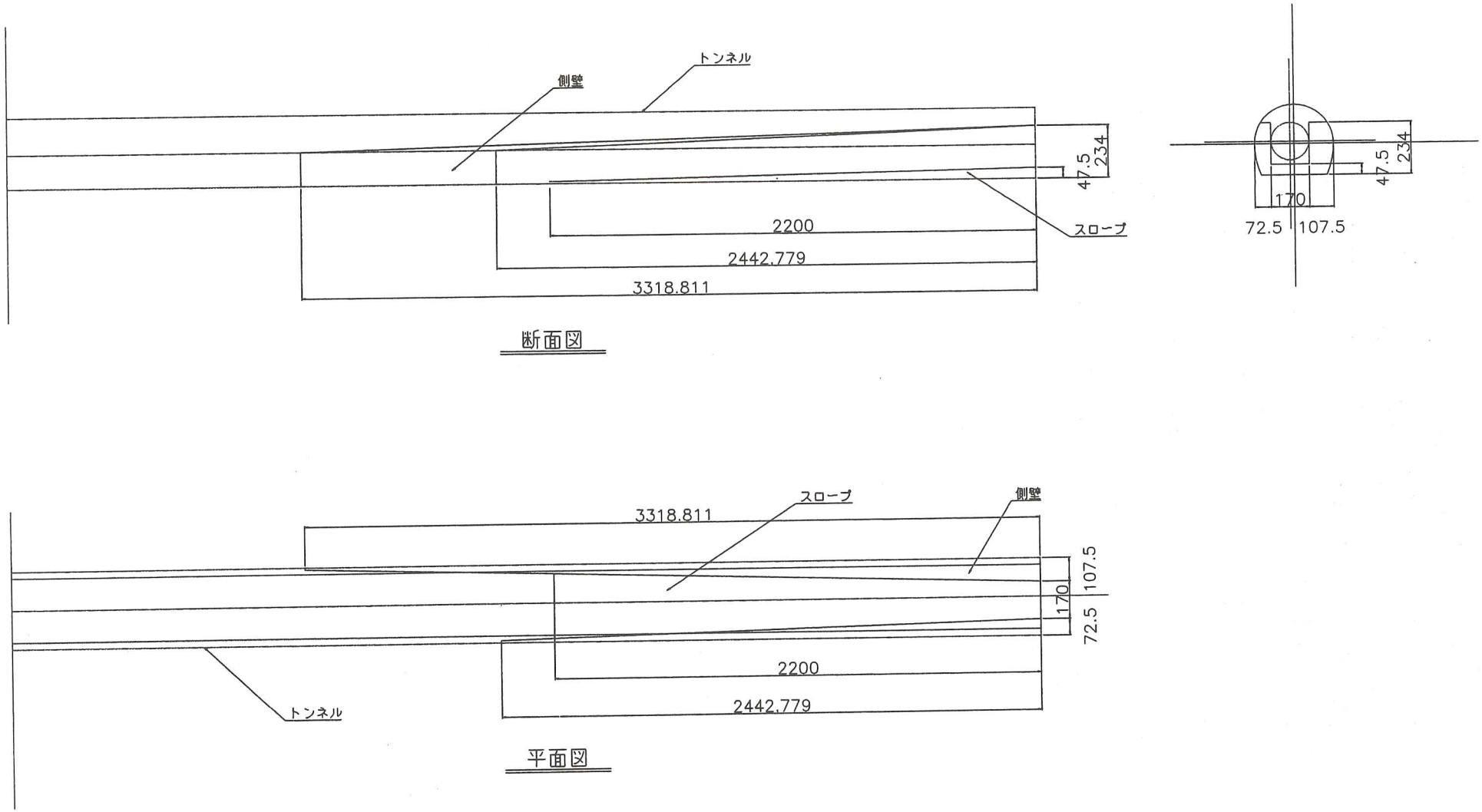
③上下流方向のライニング範囲は、水脈落下地点程度までとする。ゲート直下流１Ｄ程度の区間については整流板として全周、その下流は底面及び側部の１ｍ高程度とする。

円弧ゲートの拡幅角は比較的小さく、また、拡幅する水脈も通常のジェットフローゲートと比

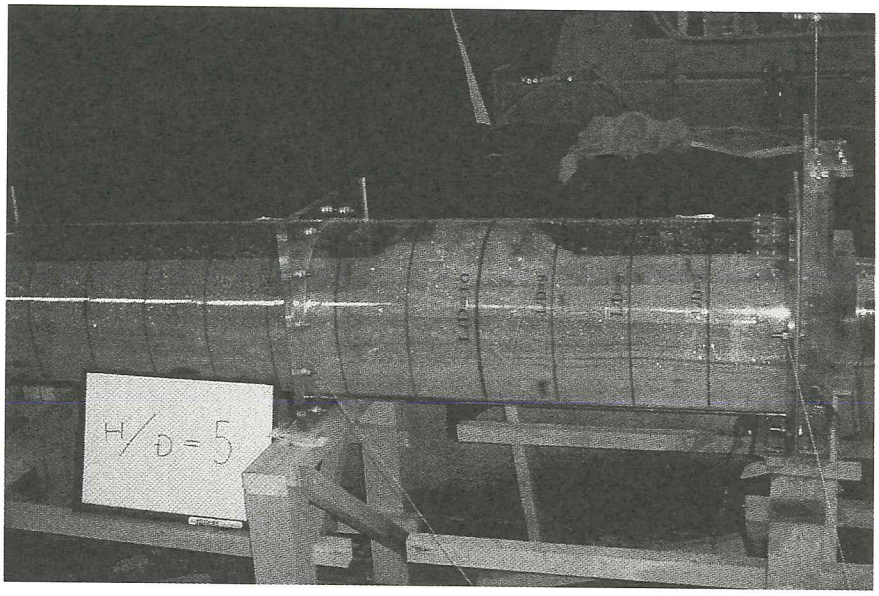


図－3.3.5 (3)　トンネル内及び出口の風速分布（原案：模型値）

較して下方向きの弱いものである。従って、ライニングは水脈落下する底面を中心に、落下時の動水圧の影響があるであろう側壁下方で十分と考える。ただし、ゲート直下流については、比較的強い流れが衝突することが考えられるので高圧放流管ゲート下流の整流板と同様のライニングを施すこととする。


トンネル
側壁
47.5
234
2200
2442.779
3318.811
スローブ
断面図
170
72.5
107.5
スローブ
側壁
107.5
72.5
トンネル
平面図

図－3.3.6　予備実験形状



写真－3.3.3　低水頭時の水脈の跳ね上がり例（H/D＝5，G＝100%）

なお、底部及び側壁のライニング範囲は、水脈落下位置の全体をカバーするものとする。

④ゲート出口と導流水路間は、ボンネットの防錆も兼ねてトランジション構造とする（上方は丸から角に変化）。

3.3.3　導水路案（最終案）の水理模型実験

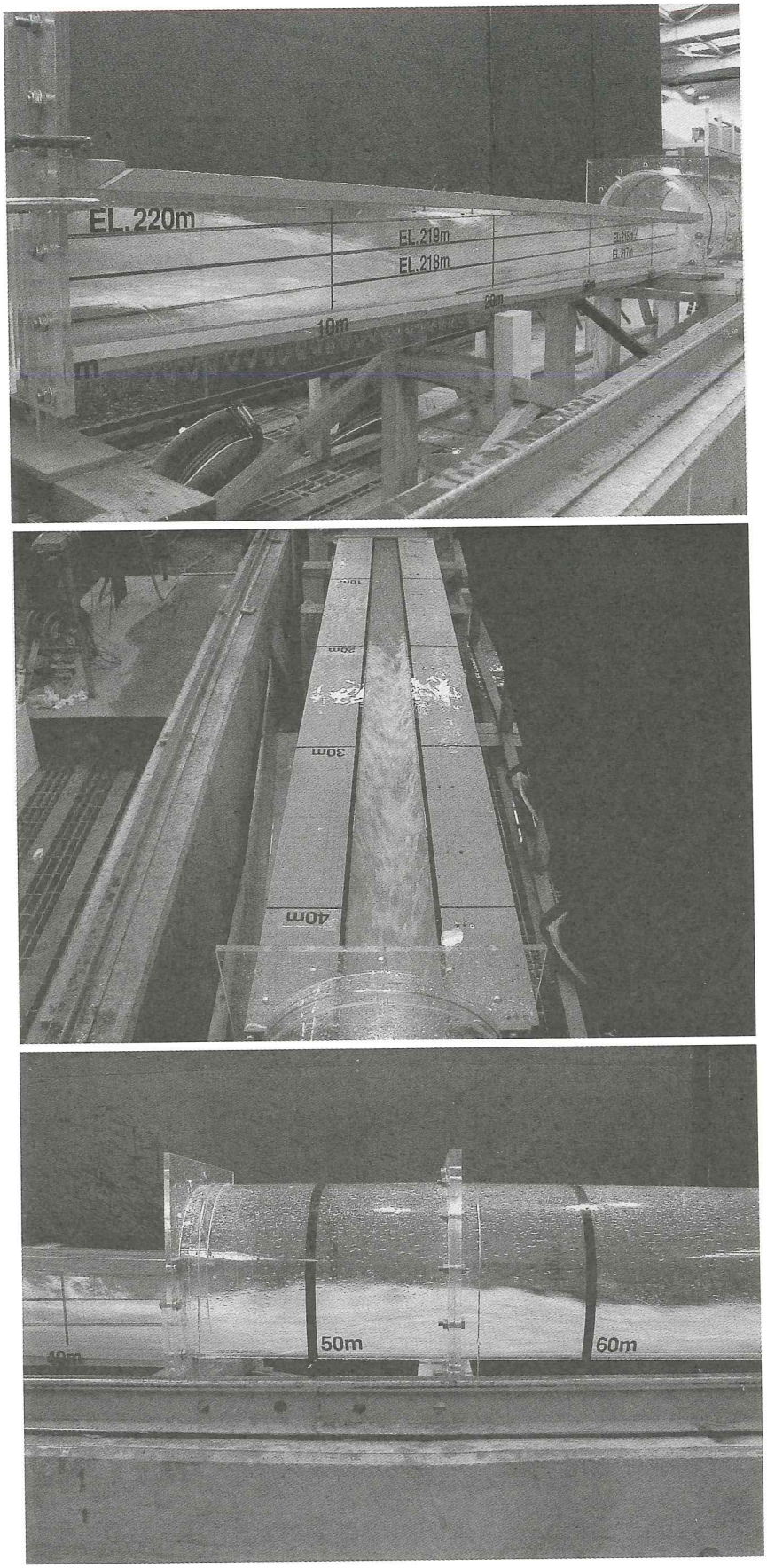
3.3.2 で作成した最終案の妥当性を検証するとともに、適切なデフレクター長さを求めるため、縮尺１／20 の模型にて水理模型実験を実施した。以下の実験は、導水路部を、デフレクター上方を解放して実施しているが、上方をトンネル断面により閉じた場合にも流況に変化のないことを確認している。

実験では、まず、ゲート全開状態においてデフレクター長（横断方向の長さ）を 0.5、0.75、1.0 mと変化させて必要デフレクター長を検討した。その後、適切と考えられるデフレクター長を用い、*H/D* ＝ 27.5 の条件にて、ゲート半開時の流況を確認するとともに底面及び側壁への作用圧力を測定した。

写真－ 3.3.4(1) ～ (5) にデフレクター長 1.0 mの場合の流況を示す。何れの *H/D* 及びゲート開度においても、側壁沿いに這い上がる水脈はほぼ完全に抑えられている。また、トンネル内に導流後の水脈の、トンネル側面沿いの這い上がりも小さく、スムーズな導流がなされている。一部、デフレクター間の空間から上方に跳ね上がる飛沫が存在するが、水滴状のものであり問題となるものではない。

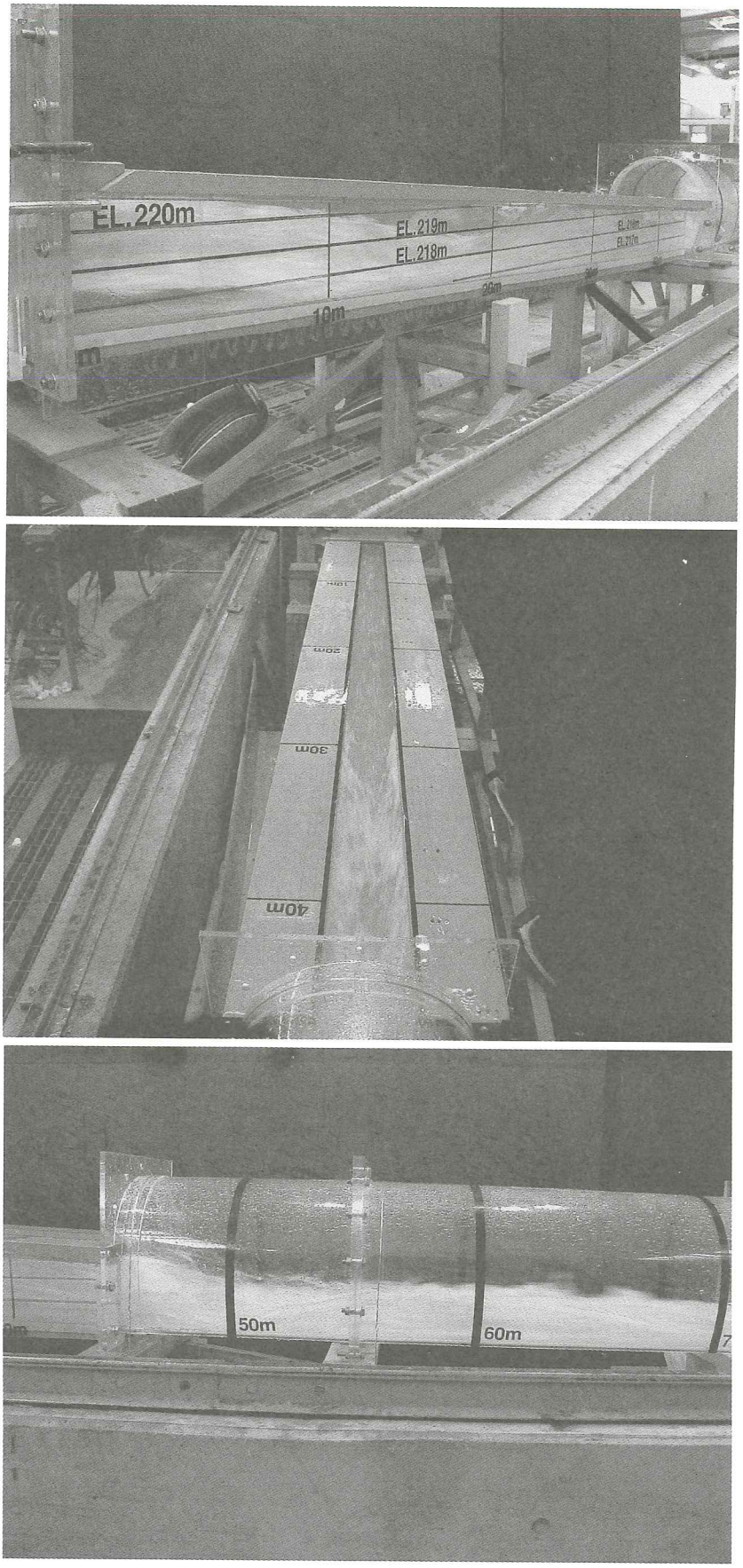
写真－ 3.3.5、3.3.6 には、それぞれデフレクター長 0.5m、0.75m の場合の流況例を示すが、*H/D* が 15 より小さい場合には、側壁沿い水脈の一部が抑えられずにデフレクター上方に飛び出している。よって、デフレクター長として 1.0m を採用する。1.0m のデフレクターにより、*H/D* ＝ 27.5 にてゲート半開流時の流況チェックを行った結果、全開時より悪化する流況はみられず、良好な流況が得られていることが確認された。

図－ 3.3.7(1) ～ (5) にはデフレクター長 1.0m、*H/D* ＝ 27.5 における壁面作用圧力を示す。測定



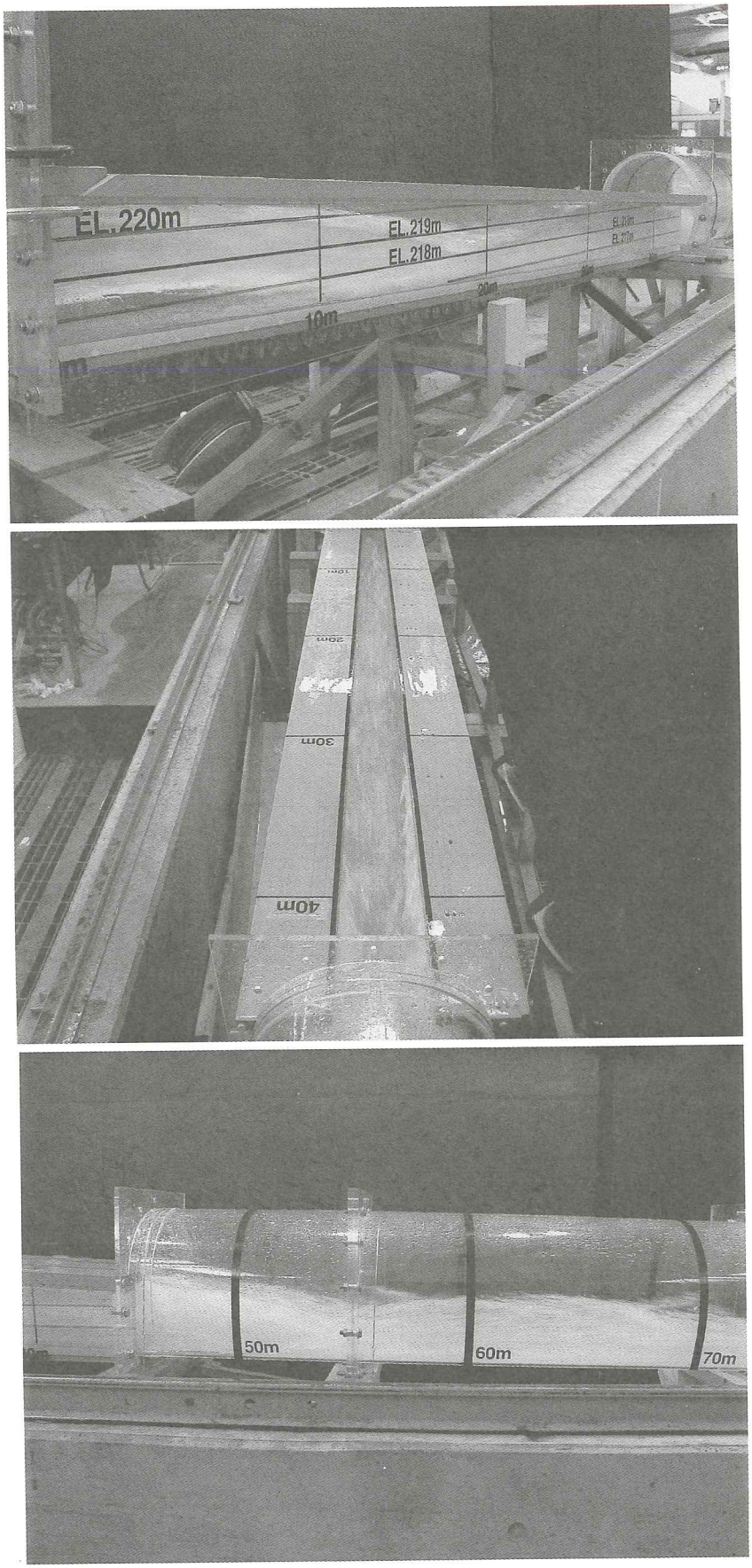
ゲート全開　　H/D＝10.0

写真－3.3.4(1)　導水路案の流況（デフレクター長1.0m）



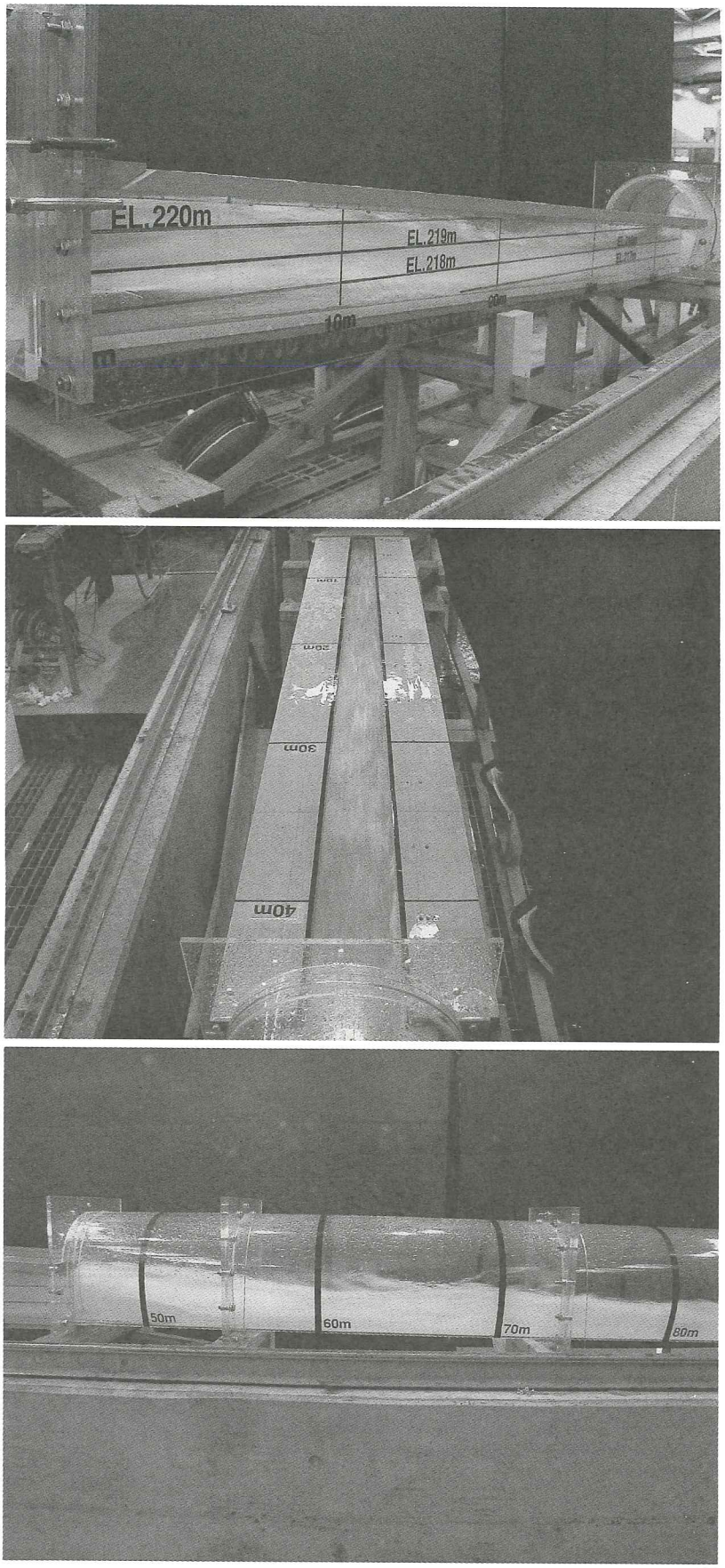
ゲート全開　　H/D ＝ 15.0

写真－ 3. 3. 4(2)　導水路案の流況（デフレクター長 1.0m）



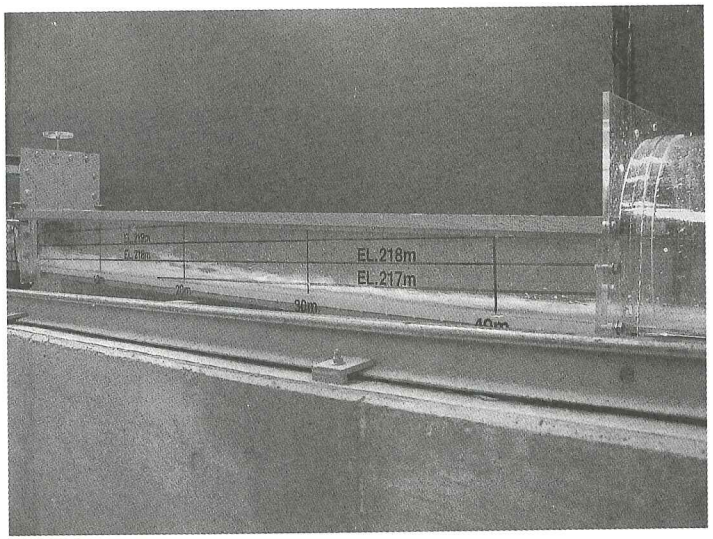
ゲート全開　　H/D ＝ 20.0

写真－ 3. 3. 4(3)　導水路案の流況（デフレクター長 1.0m）

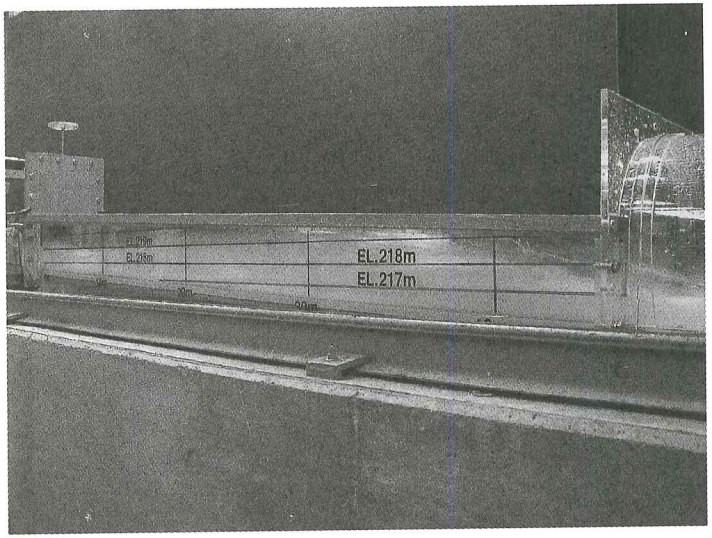


ゲート全開　　H/D ＝ 27.6

写真－ 3. 3. 4(4)　導水路案の流況（デフレクター長 1.0m）



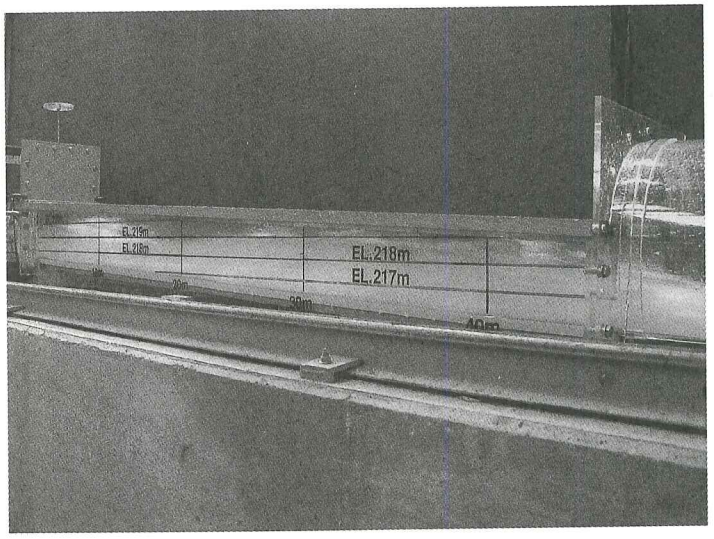
ゲート開度　G＝20%



ゲート開度　G＝60%



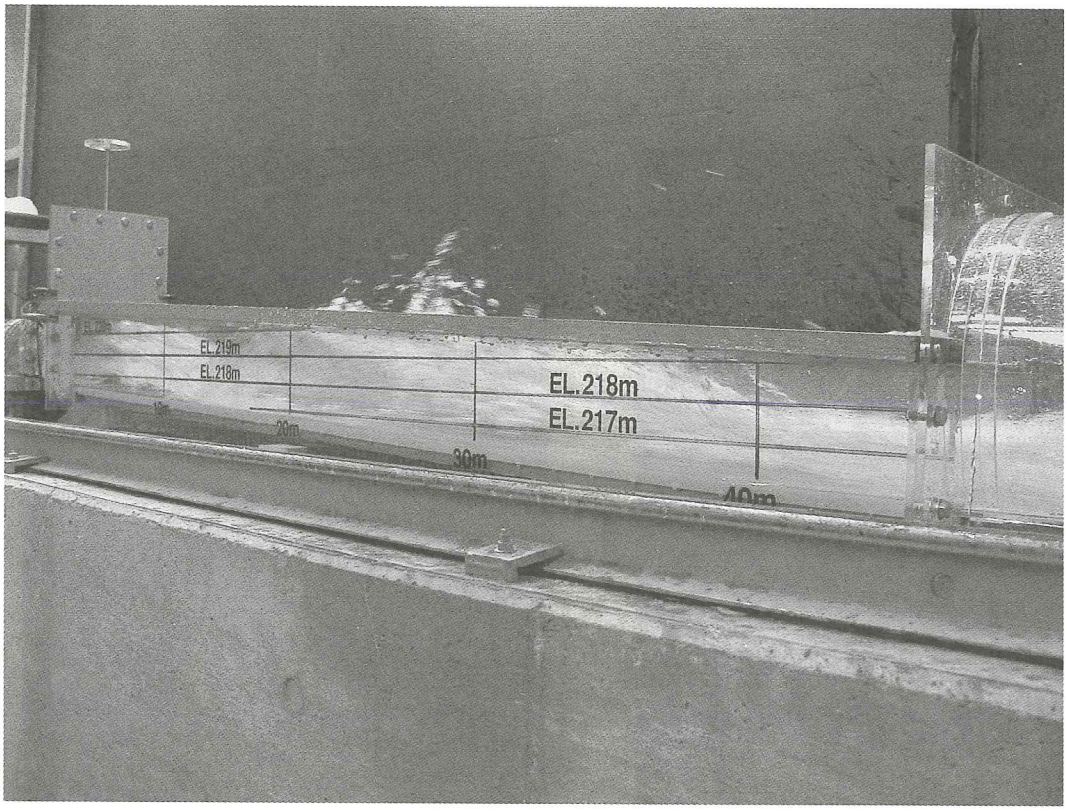
ゲート開度　G＝40%



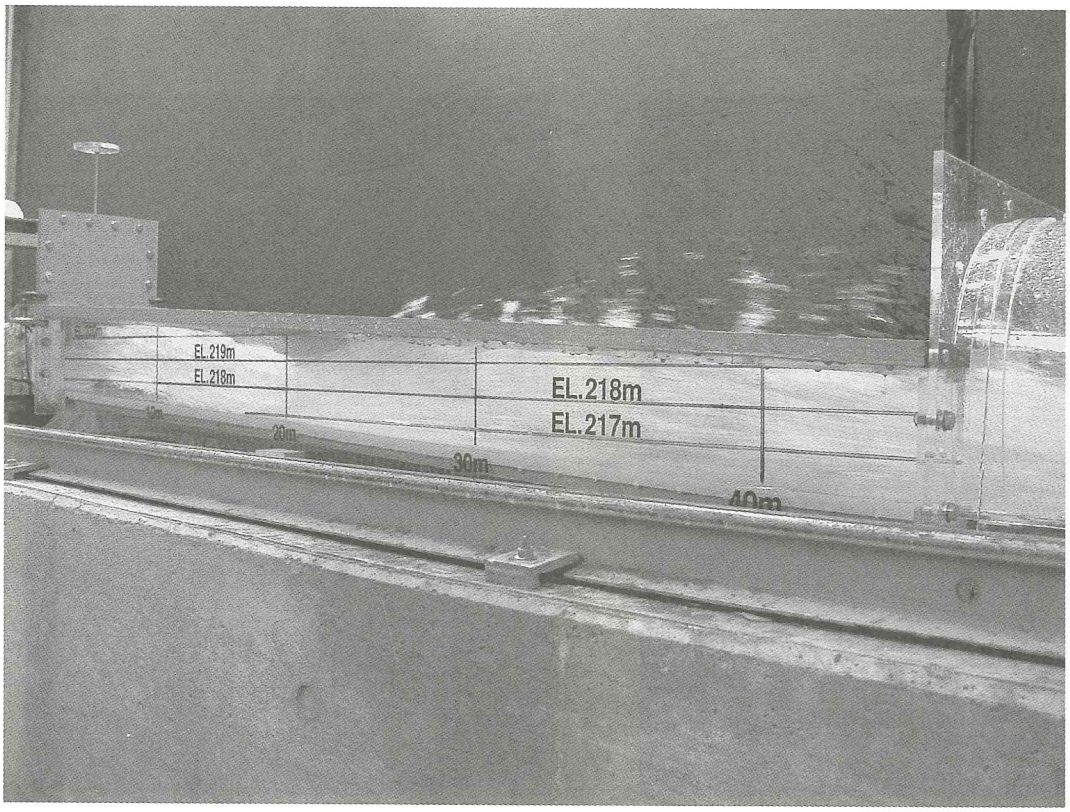
ゲート開度　G＝80%

H/D＝27.6

写真－3.3.4(5)　導水路案の流況（デフレクター長1.0m）

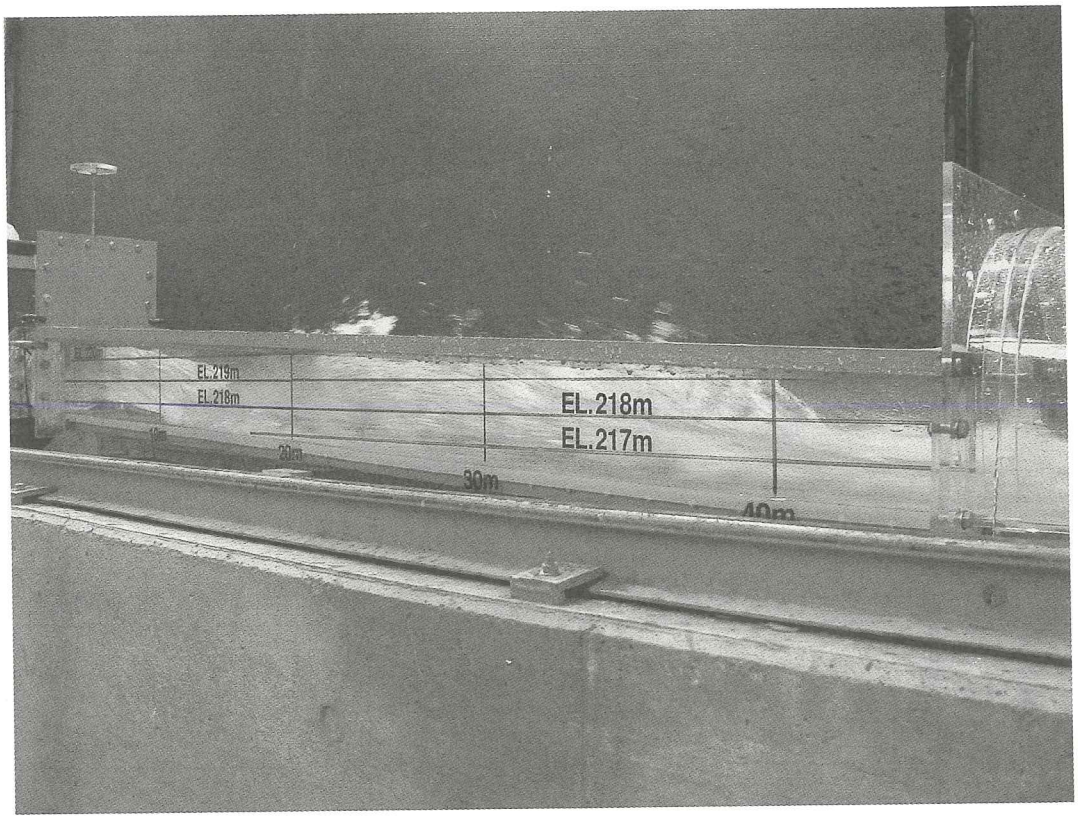


ゲート全開　　H/D ＝ 10.0

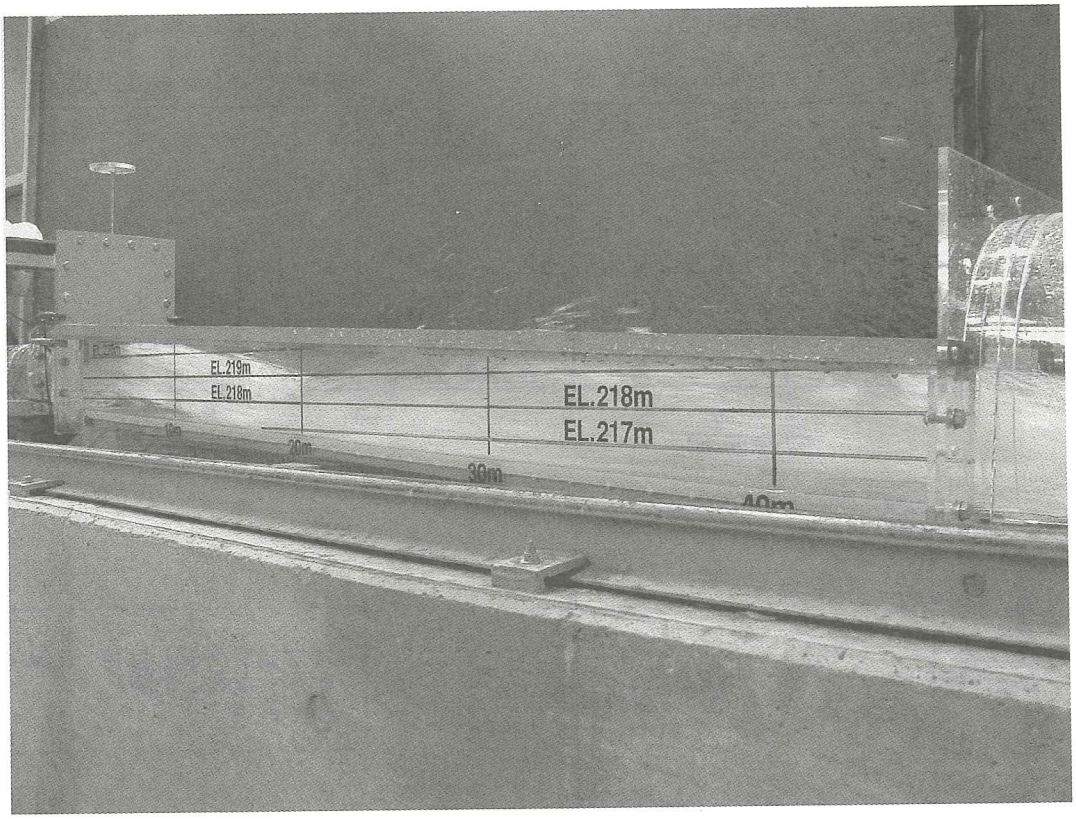


ゲート全開　　H/D ＝ 15.0

写真－ 3. 3. 5　導水路案の流況（デフレクター長 0.5m）

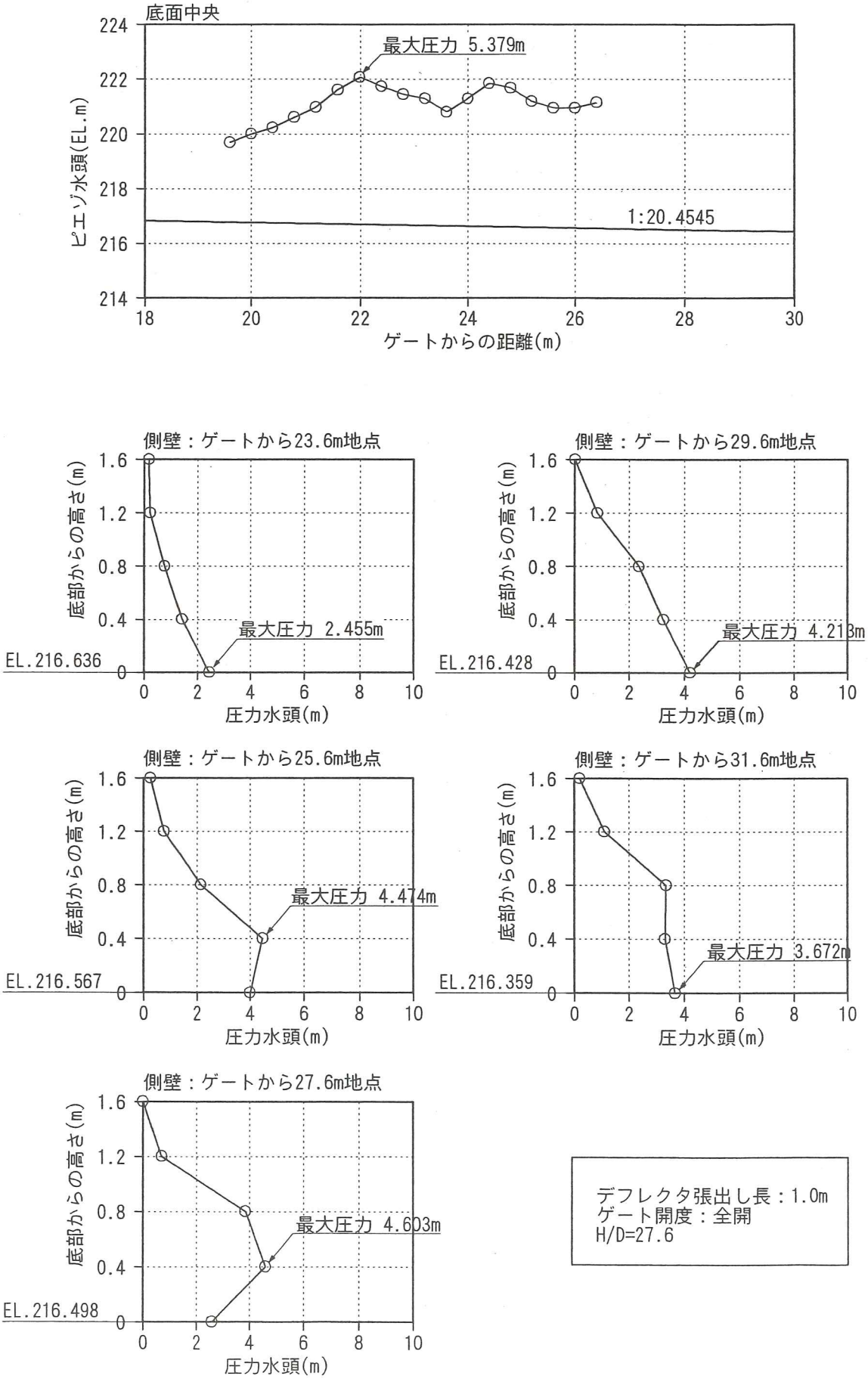


ゲート全開　　H/D ＝ 10.0

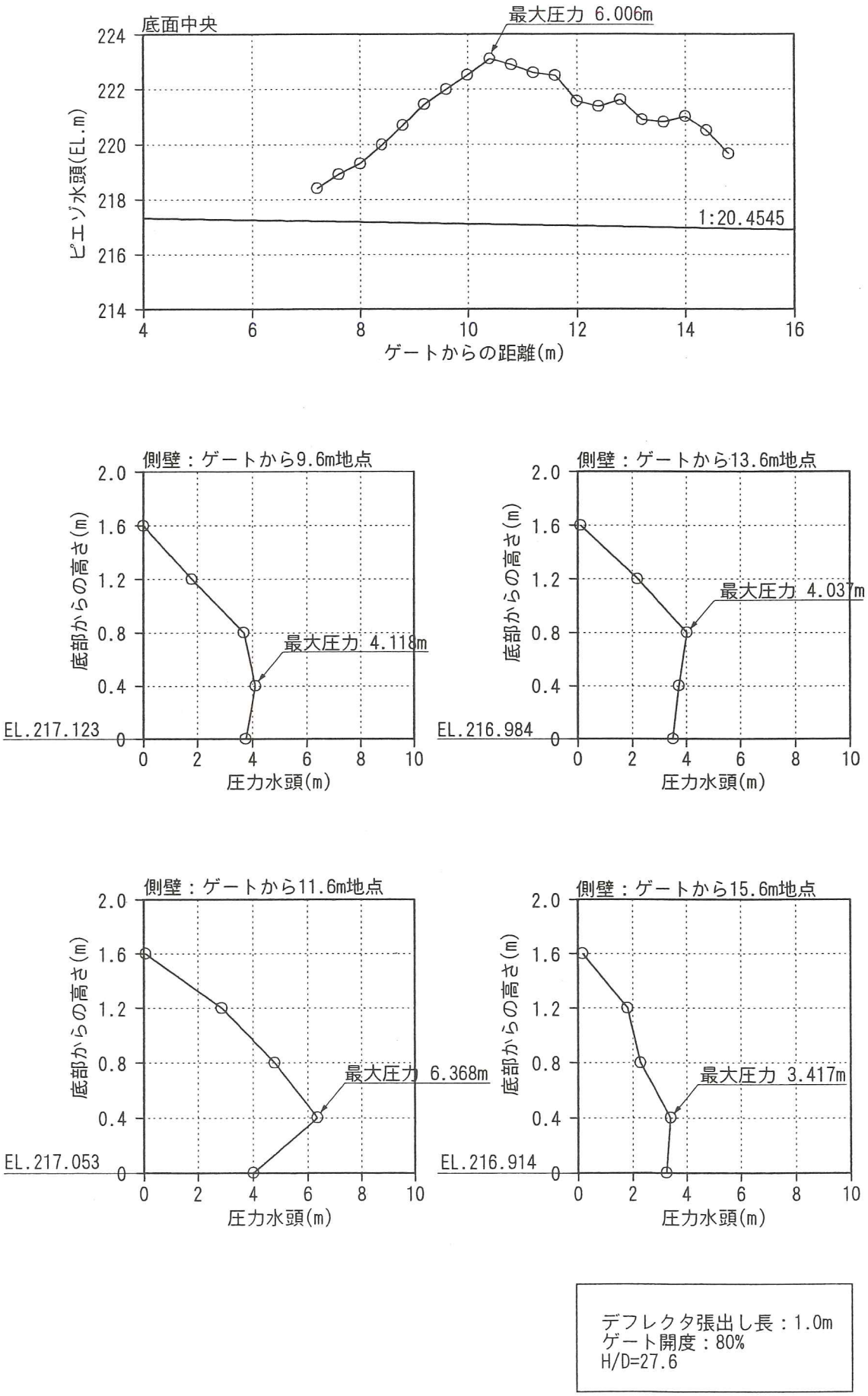


ゲート全開　　H/D ＝ 15.0

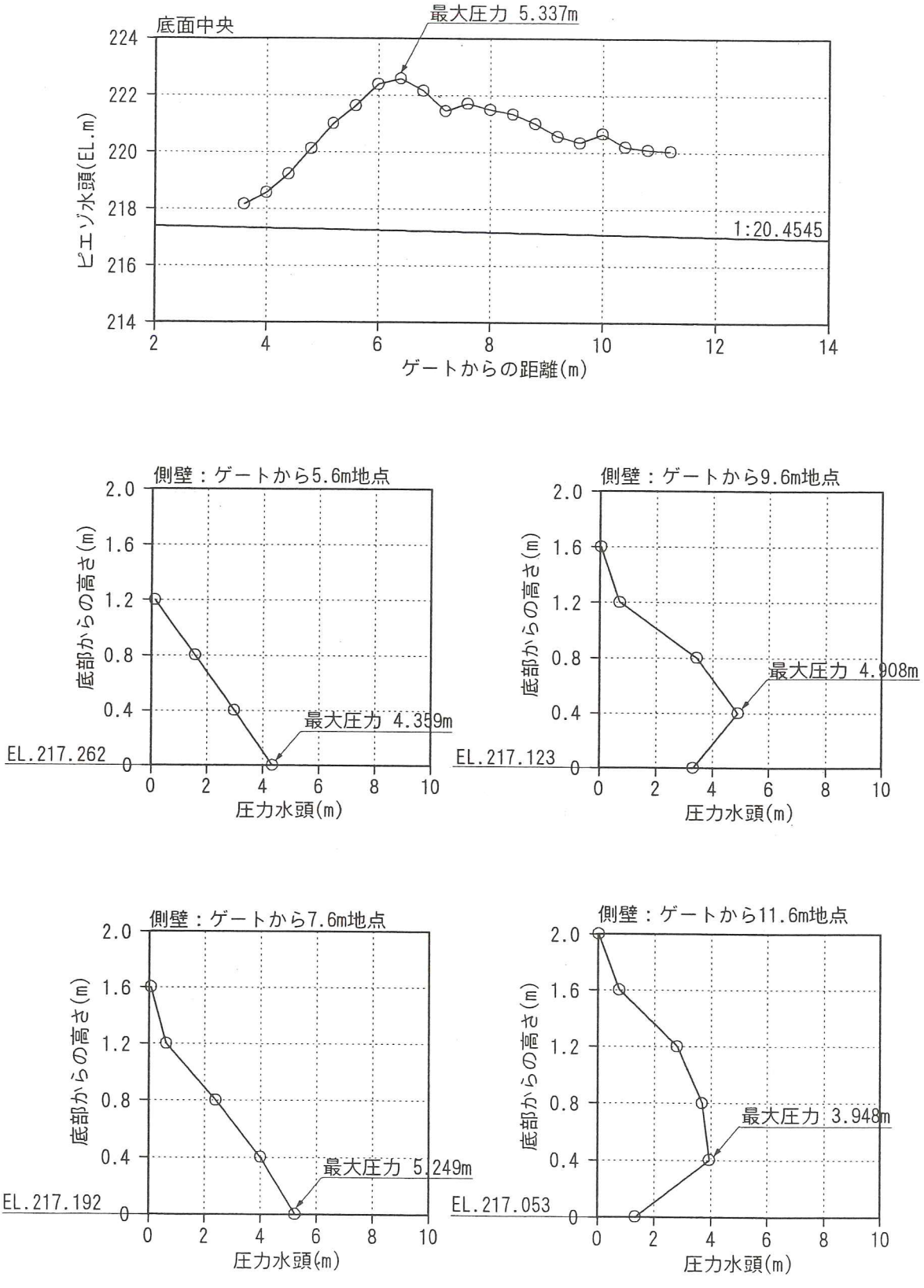
写真－ 3. 3. 6　導水路案の流況（デフレクター長 0.75m）



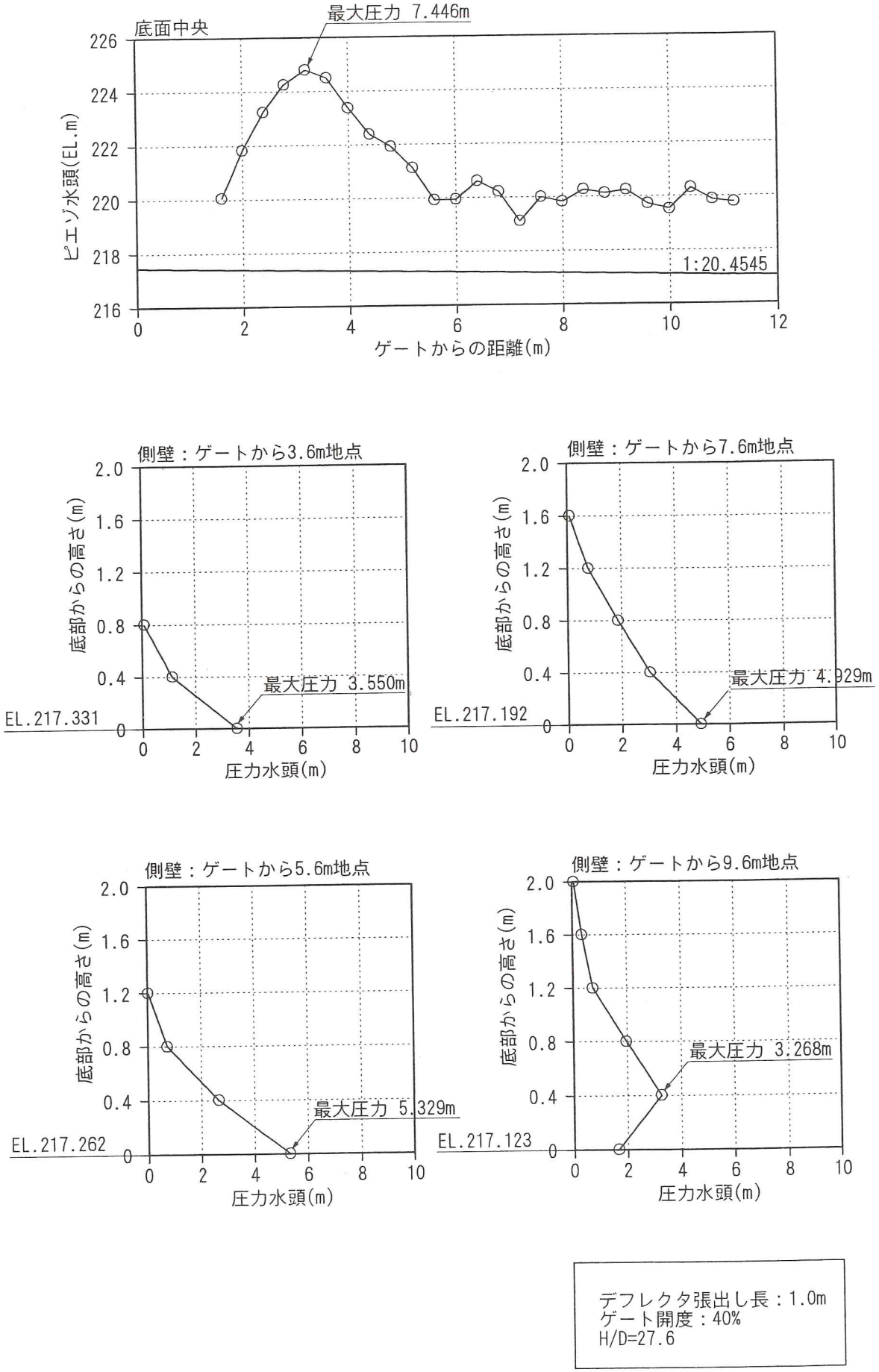
図－3.3.7 (1)　導水路内の壁面作用圧力



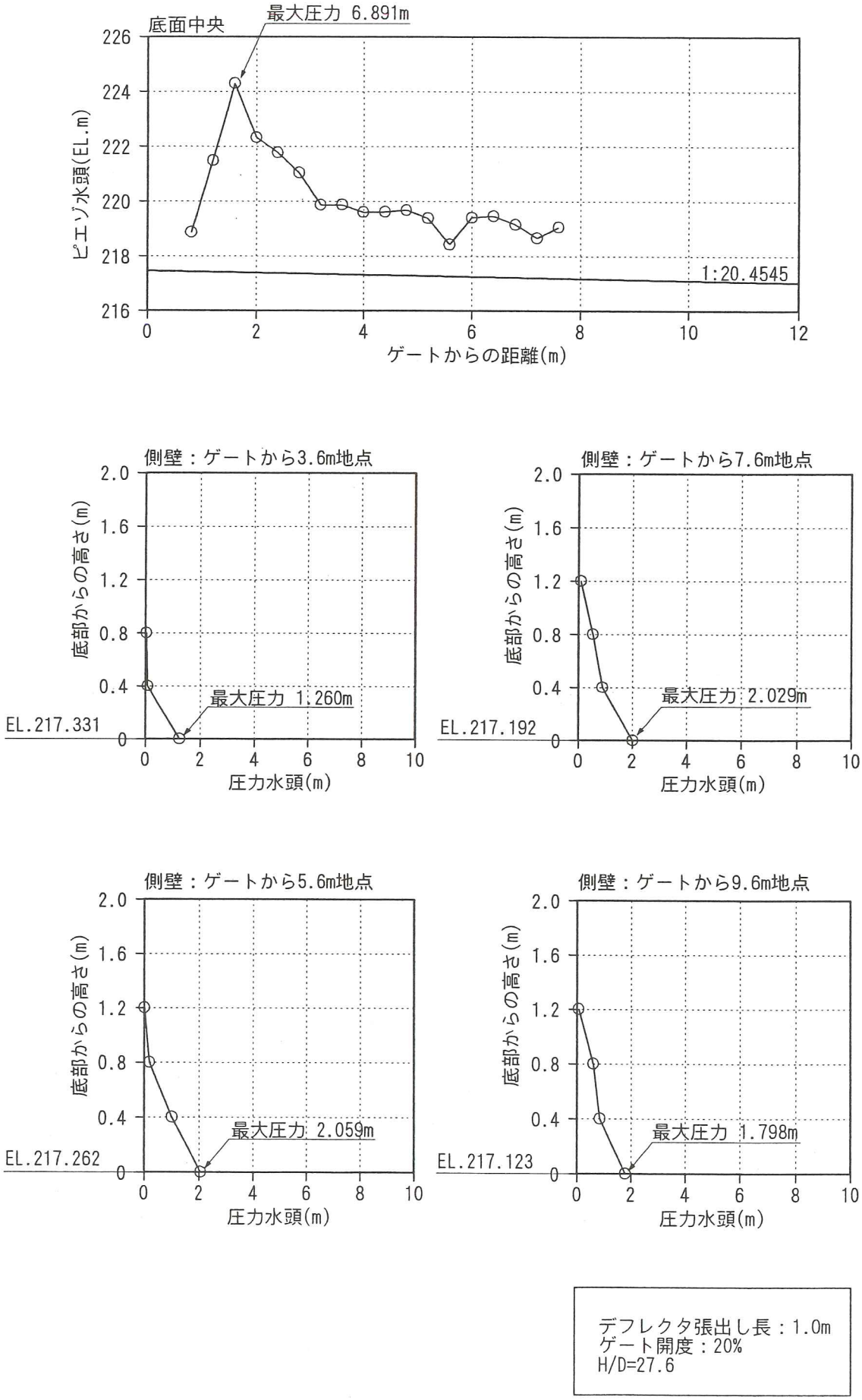
図－3.3.7 (2)　導水路内の壁面作用圧力



図－3.3.7 (3)　導水路内の壁面作用圧力



図－3.3.7 (4)　導水路内の壁面作用圧力



図－3.3.7 (5)　導水路内の壁面作用圧力

は、底面、側面それぞれの最大値発生点付近で実施している。底面での最大作用圧力発生位置は、ゲート開度が小さくなるに従って上流側に移動している。また、分布形状も立ったものとなっており、全開時には広い範囲に亘り動水圧が作用している。ゲート開度が小さくなるに従って最大作用圧力も大きくなってくるが、G ＝ 20%ではやや小さい値となっており、40%で最大値を示している。絶対値は、全開で 5.4m 水柱、40%で 7.5m 水柱であり、作用動水圧力は比較的小さい。

側壁における最大作用圧力発生位置は、底部のそれより下流にあり、水脈の落下後の拡がりによるものと思われる。最大作用圧力は、底部のそれと同程度か若干小さく側壁上方では急激に小さくなっている。動水圧が作用している範囲を底部と同程度の圧力が作用している範囲とすると、0.8 ～ 1.2m 以下の範囲にあり、これより上方での作用圧力は小さい。

水路の鋼製ライニングをキャビテーションや水流による侵食を防止するものとして設置するものとすると、ゲート放流水のポテンシャルコア的な流れが流下する範囲への設置が必要なものと考えられる。この場合、上下流方向には水脈の落下範囲を、鉛直方向には動水圧作用範囲を判断要件と考えることができ、3.3.2 で示したライニング範囲で適当ということができよう。

以上より、放流水脈をトンネルに導流するための最終案として、**図－ 2.1(1)、(2)** を提示する。

3.4　トンネル出口湾曲部の流水処理

1）ブロック形状の検討

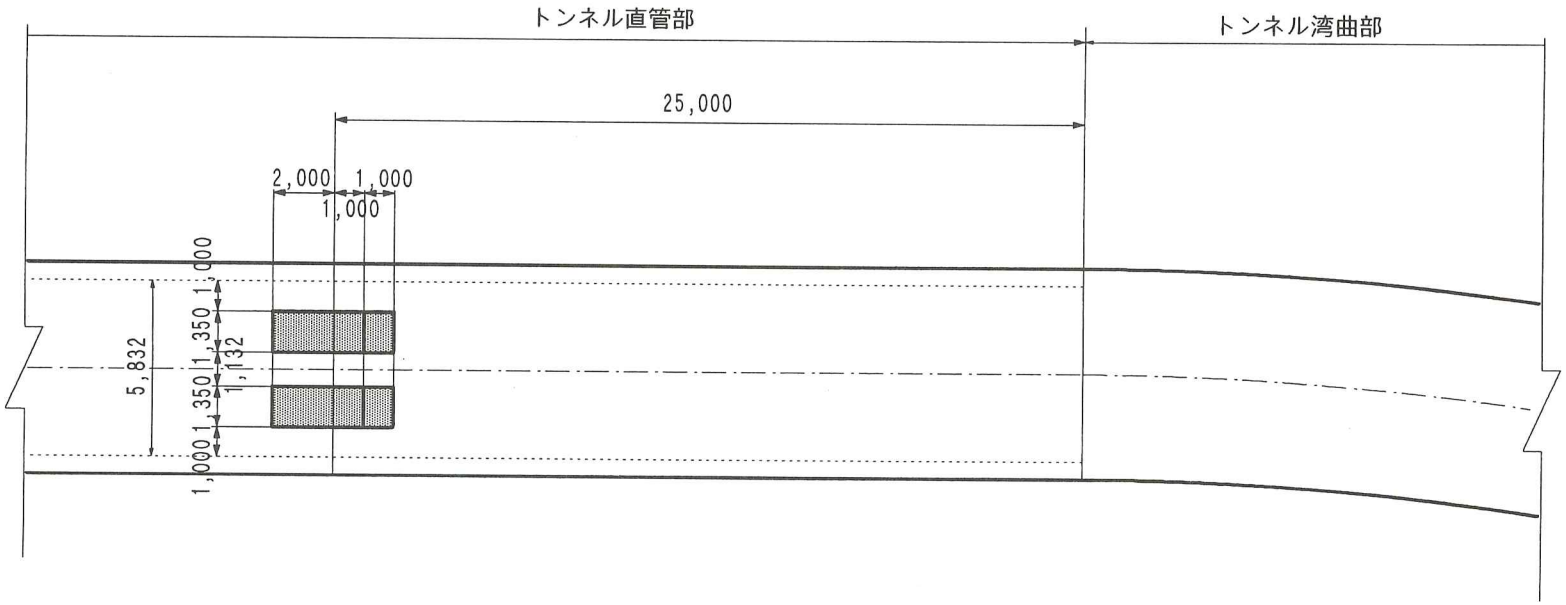
3.3.1 に述べたように、トンネル出口湾曲部では、放流水脈の這上がりが大きく、原型での螺旋流の形成によるトンネル出口からの給気量の低減等が懸念される。3.3.1 に示したものは、原案の整流管案のものであるが、最終案とした導水路案でも同様であり、湾曲部での這い上がり低減策を実施した。なお、整流管案での水面形調査は実施していないが、湾曲部這い上がり状況から判断して両者のトンネル内の流速に大きな差はないと推察する。

湾曲部での水脈の這い上がりを低減するためには、湾曲上流においてトンネル内流速を低減させる必要がある。このための方法として、水脈を分散させるためのブロックを設けることとした。形状検討は、試行錯誤にて実施しており、検討形状を**図－ 3.4.1(1) ～ (3)** に示す。ブロック案 1 ～ 7 は、適当なブロック形状を検討するためのケースであり、案 8 は、案 1 ～ 7 で適当と判断された 7 案を直列に配置し、複数配置での効果を検討したものである。実験は、H/D ＝ 27.6 の場合についてまず、ゲート全開で流況を確認し、適用可能な場合にゲート半開時の検討を実施するという手順で実施した。

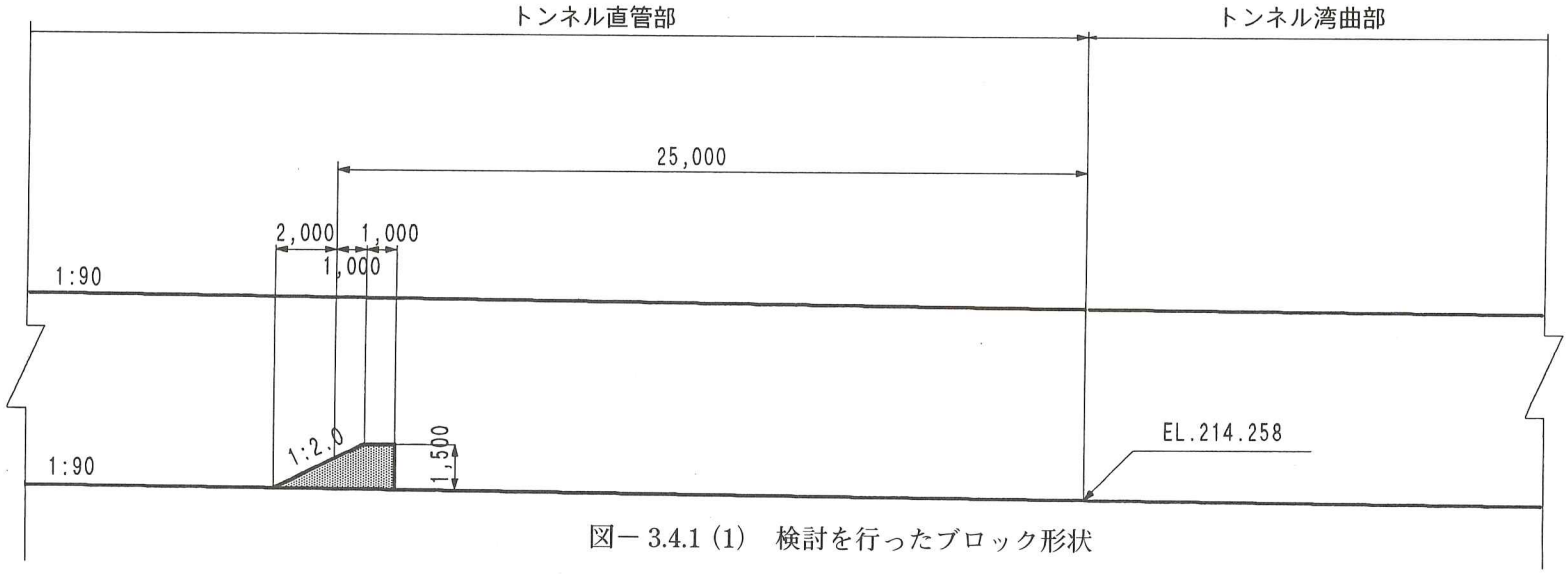
写真－ 3.4.1 に例として、案 1 のゲート全開流況を示す。写真から分かるように、水脈は大きく上方に飛散し、却って水脈がトンネルを閉塞してしまう結果となった。ブロック高が高い、或いは上流面の傾斜が大きい場合には、同様の水脈の飛散が生じ、案 1 、 4 では原案と同様にゲート全開時でも飛散水脈がトンネル天端に達する流況となった。また、案 2 、 3 、 5 、 6 ではゲート全開時に変動する最高水位がトンネル天端に達するとともに、水深が小さく、フルード数が大きくなるゲート半開時の飛散が顕著になり、案 1 ～ 6 の何れも不適当な流況と判断された。

写真－ 3.4.2(1) ～ (5) にはブロック案 7 での流況を示すが、案 7 によりトンネル内での飛散を抑えることができている。**図－ 3.4.2** には、ブロックがない場合及び案 7 , 8 での H/D ＝ 27.6、ゲート全開時の湾曲部付近の左岸壁沿い水面形を比較して示す。ブロックの設置により、トンネル天端まで達していた水脈の這い上がりが低減し、上方に 1 m 程度の余裕が得られていることが分かる。また、7 案と 8 案での湾曲部水面形は同様であり、ブロックを 2 列配置としても効果がないことが分

平面図



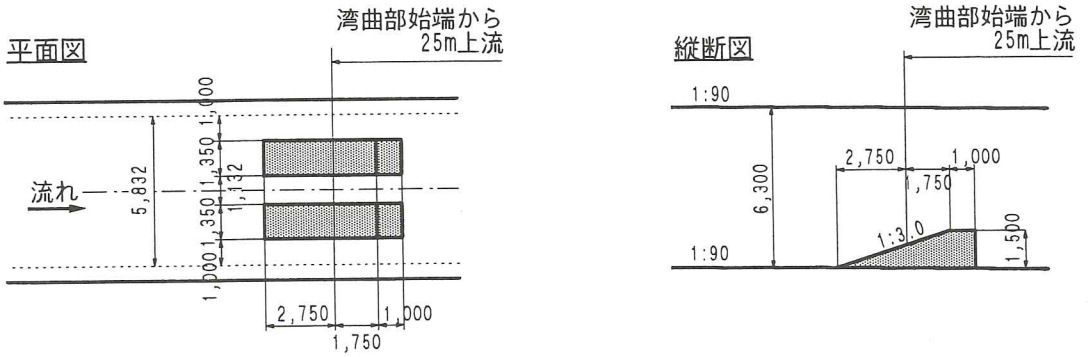
縦断図



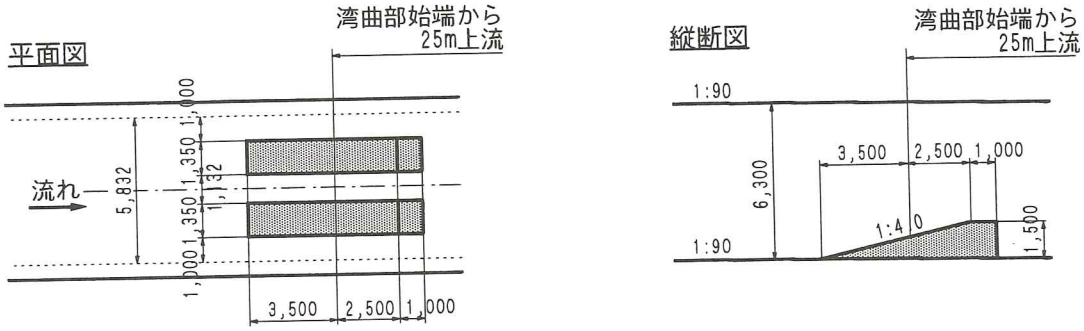
図－ 3.4.1 (1)　検討を行ったブロック形状

単位 (mm)

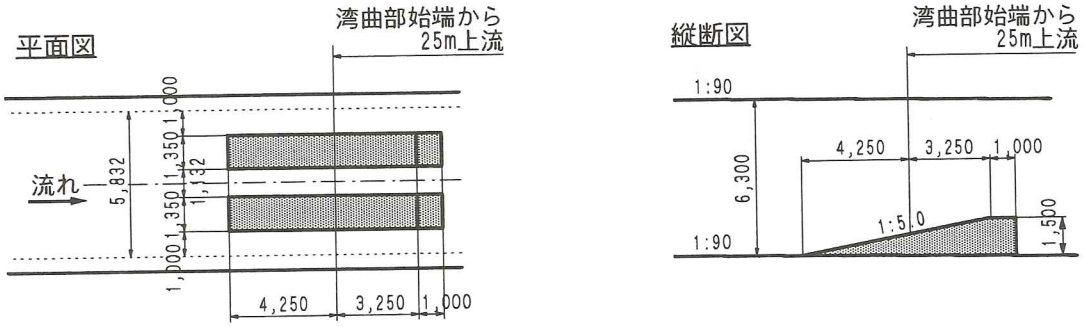
ブロック案１



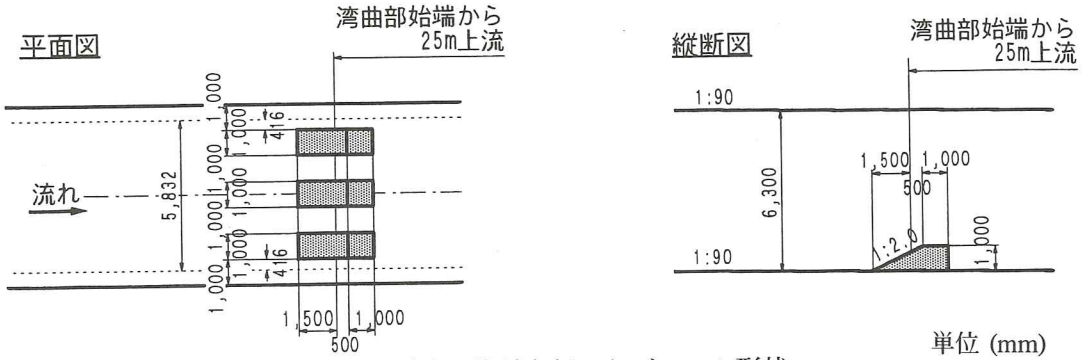
ブロック案２



ブロック案３



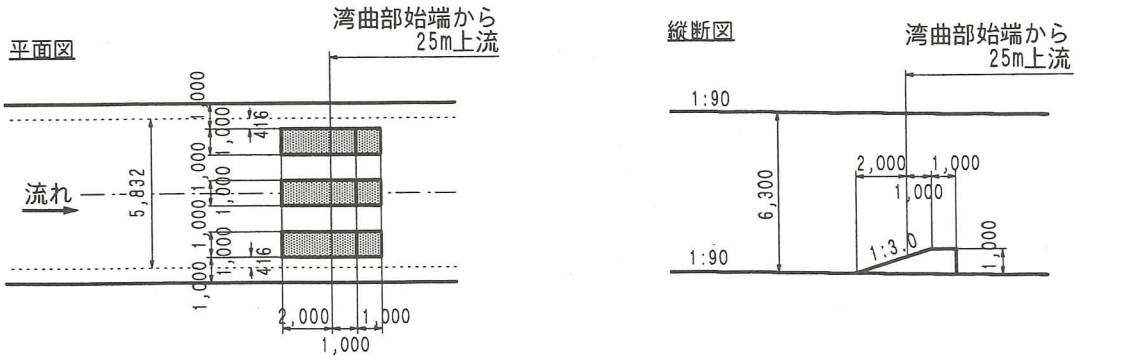
ブロック案４



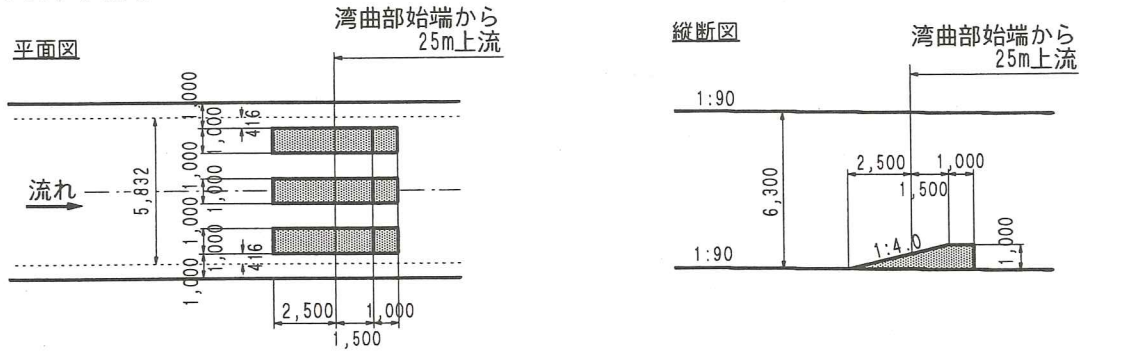
単位 (mm)

図－ 3.4.1 (2)　検討を行ったブロック形状

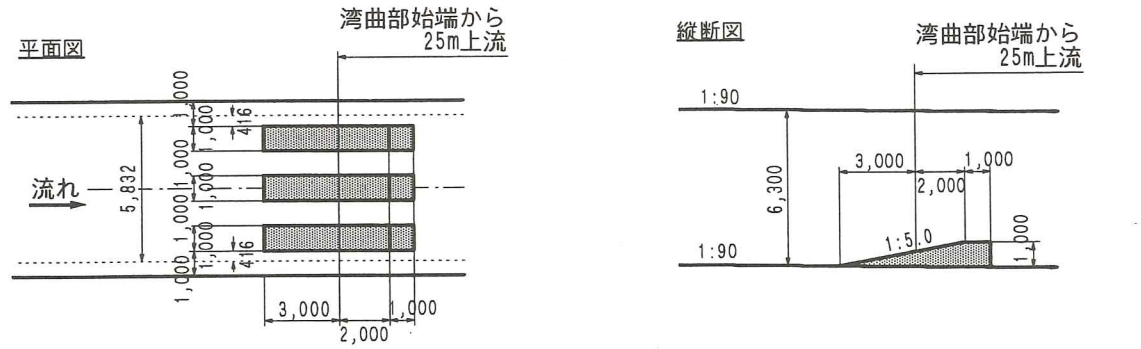
ブロック案５



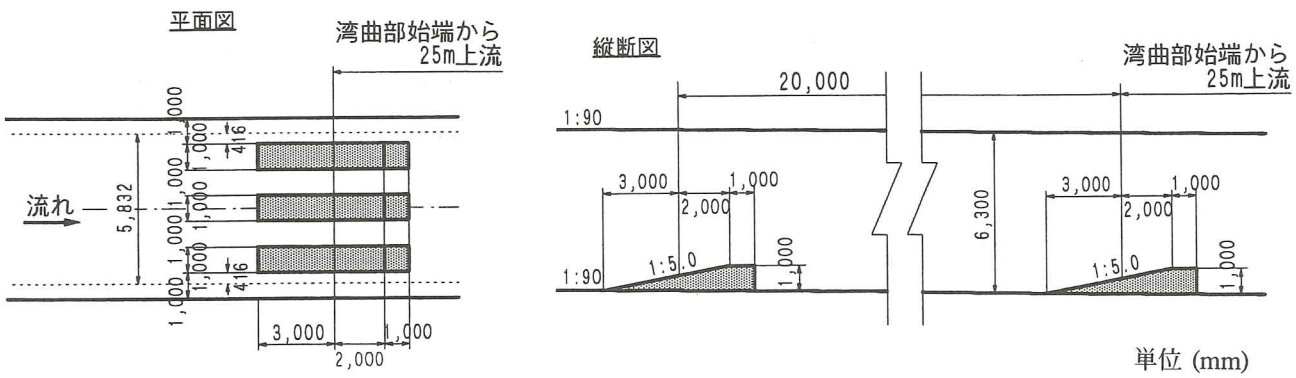
ブロック案６



ブロック案７

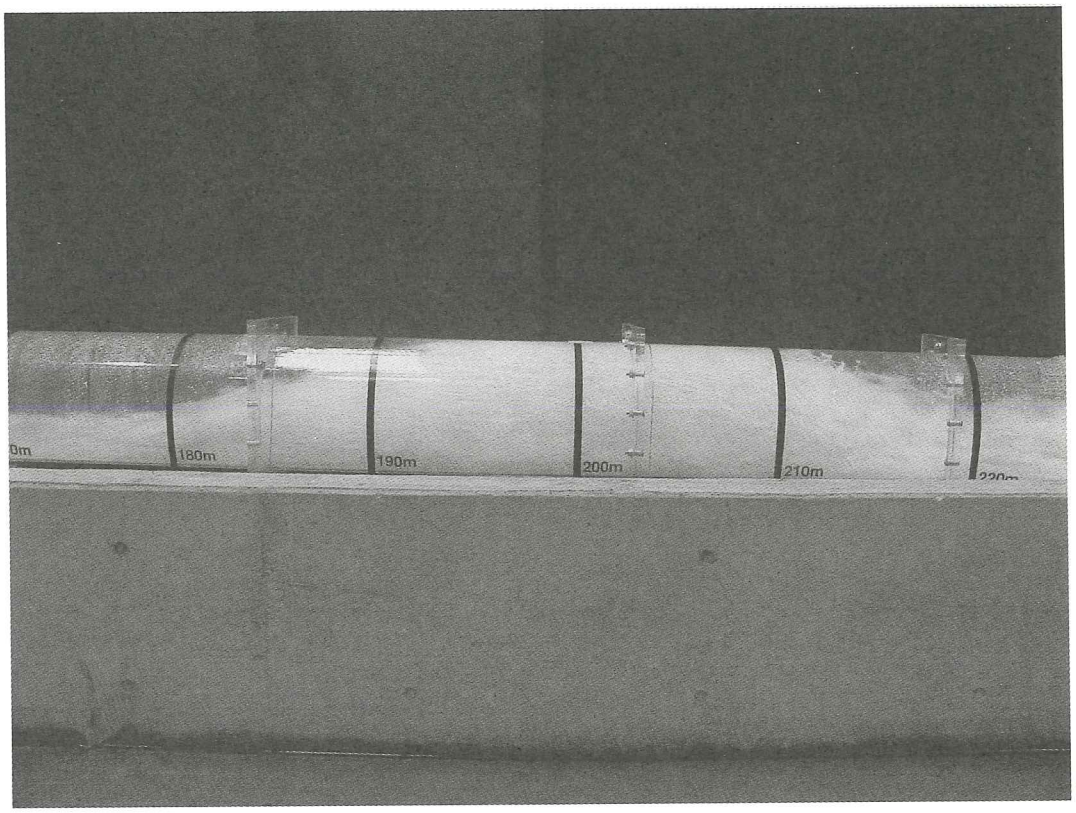


ブロック案８



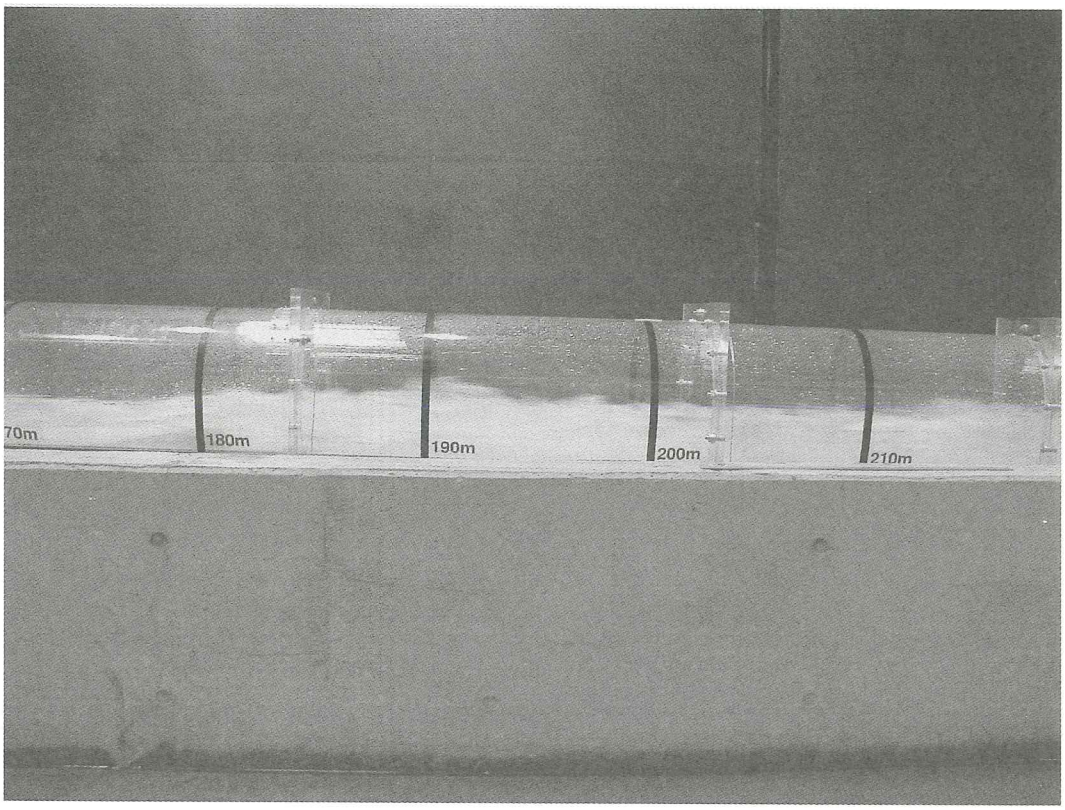
単位 (mm)

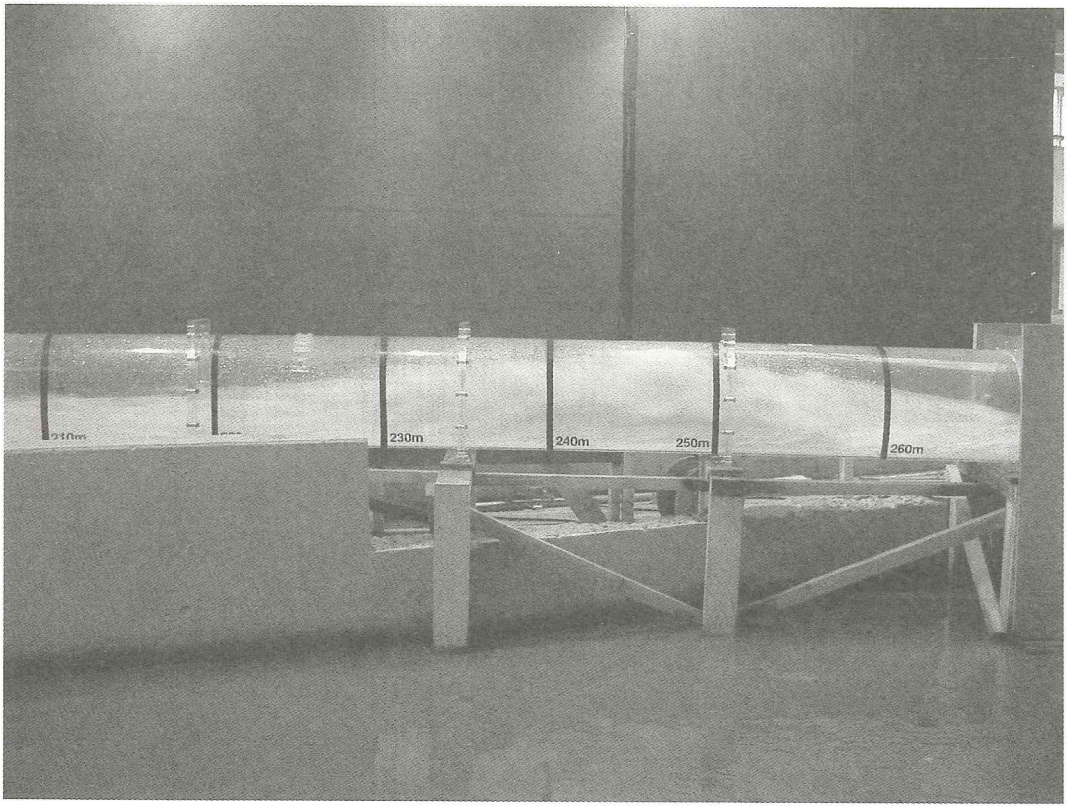
図－ 3.4.1 (3)　検討を行ったブロック形状



H/D ＝ 27.6　ゲート全開

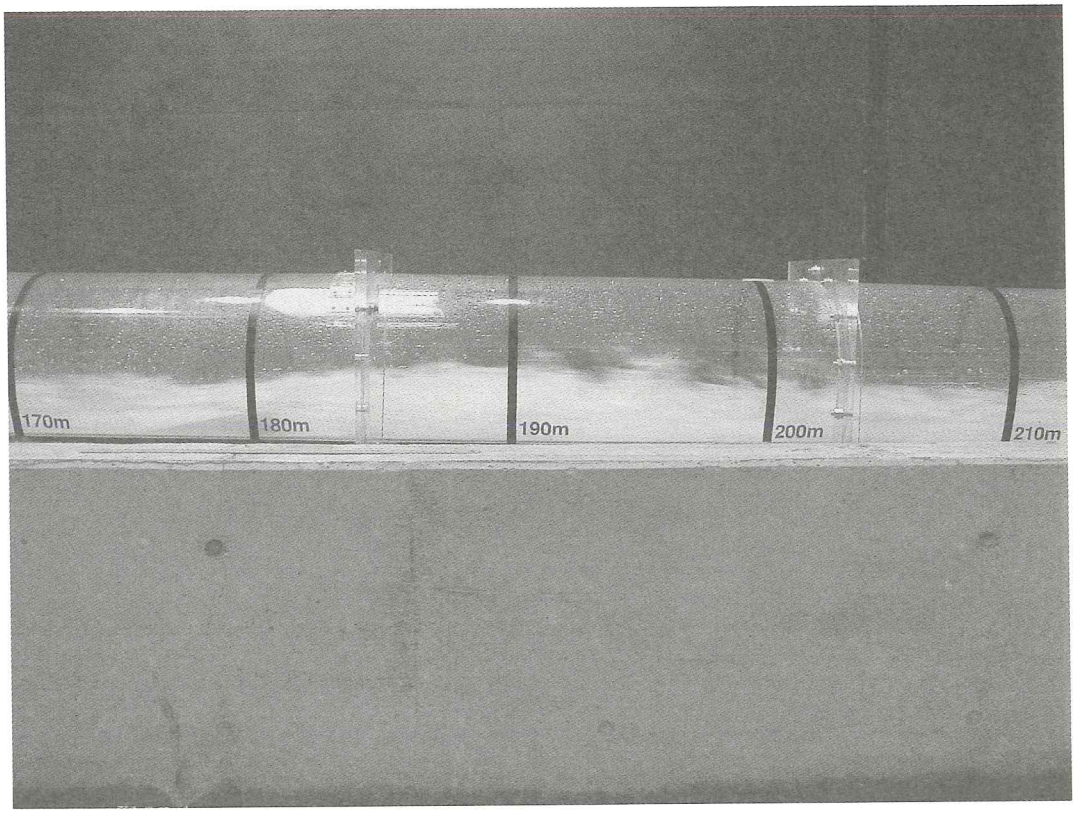
写真－3. 4. 1　ブロックによる水脈の飛散例（原案）

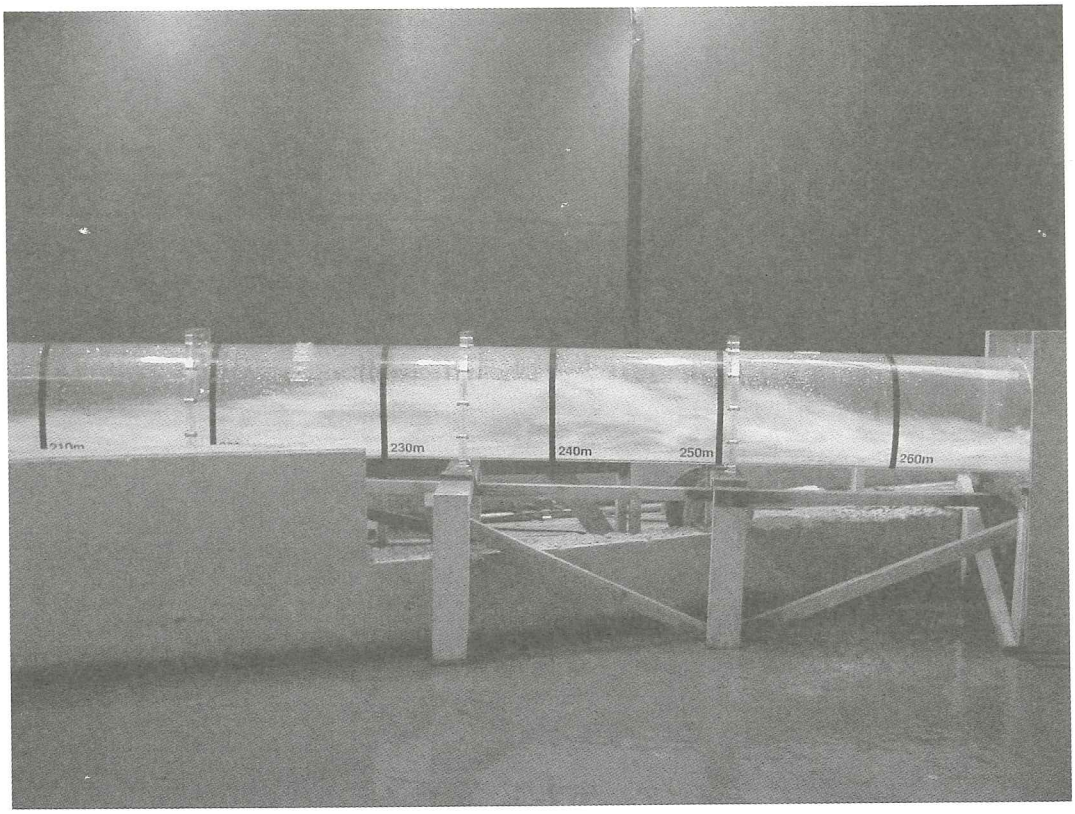




ゲート全開

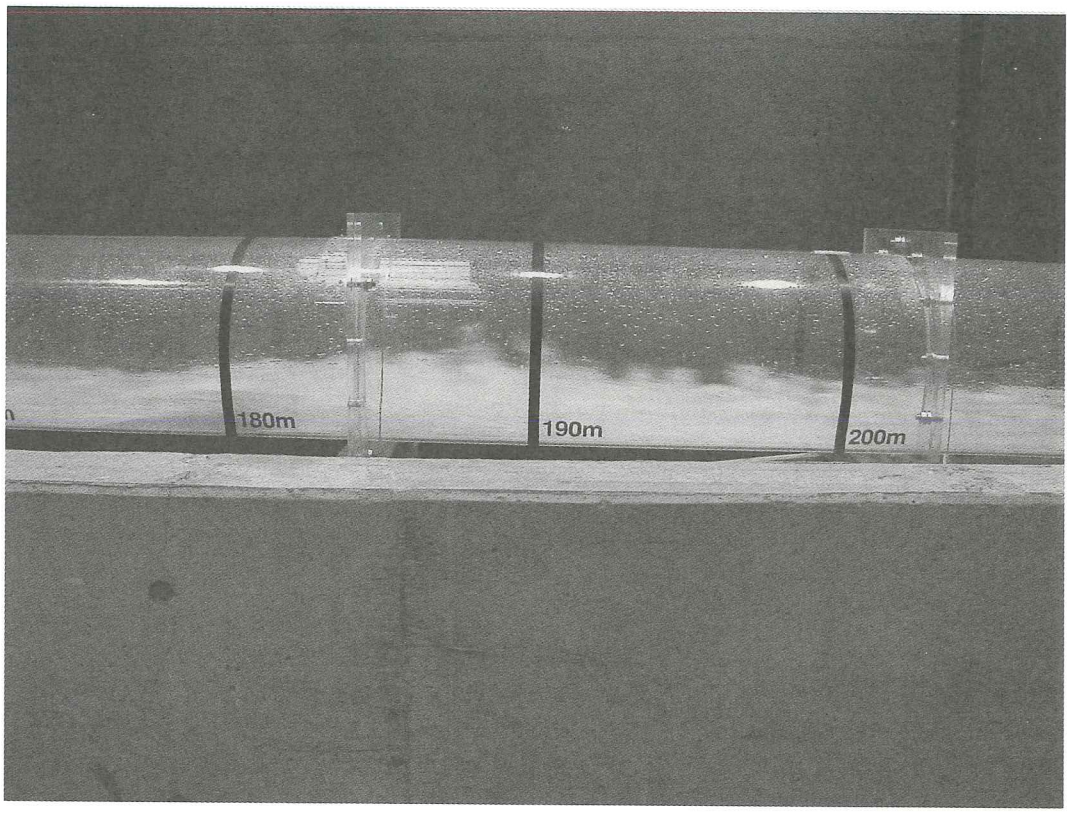
写真－3. 4. 2(1)　ブロック案7(最終案)の流況（H/D＝27.6)

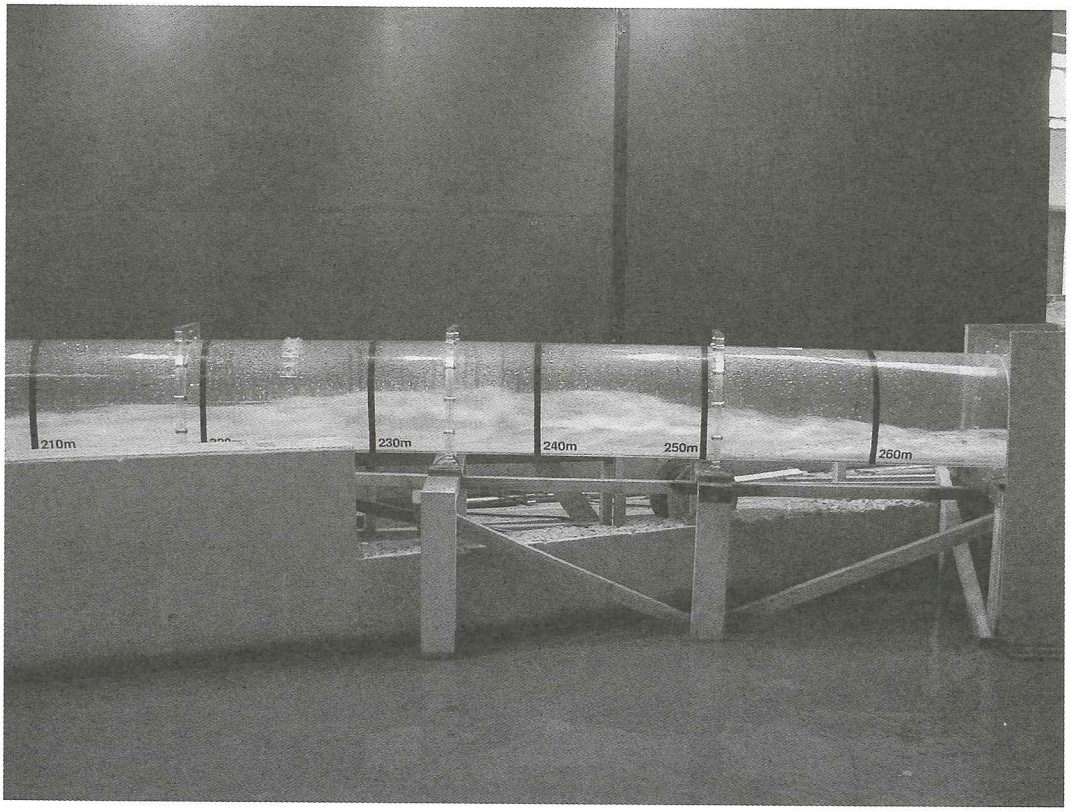




ゲート開度　80%

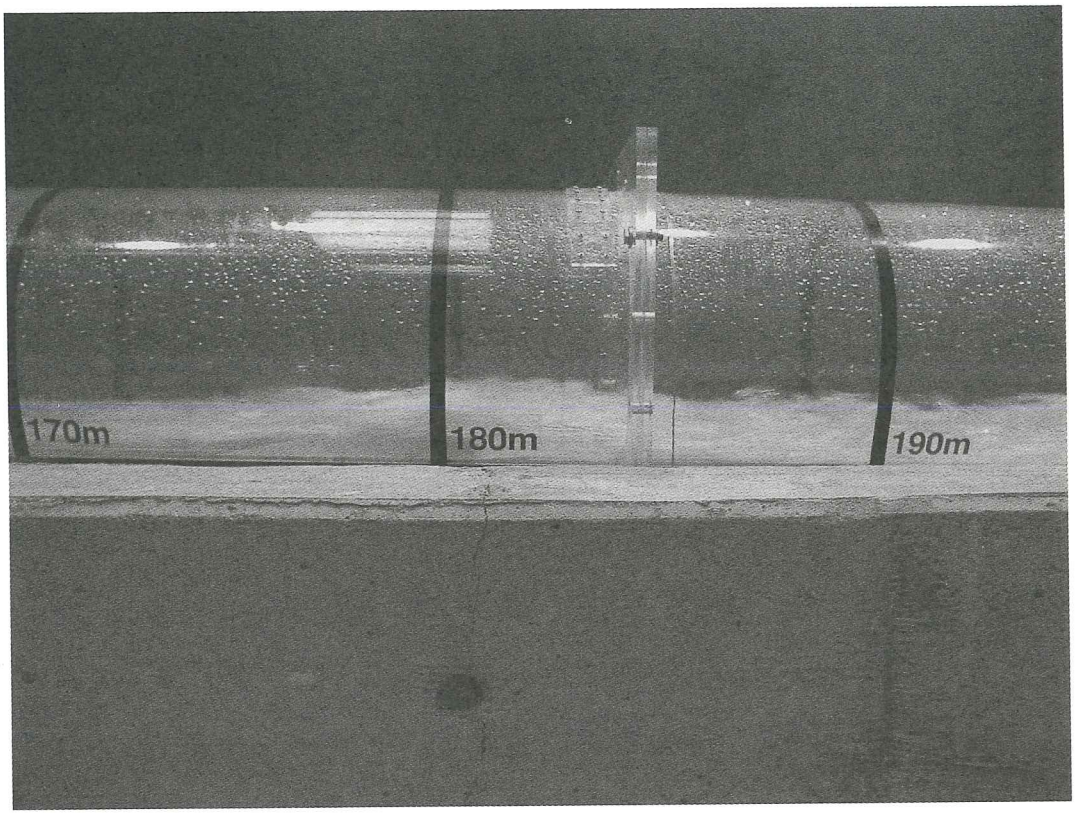
写真－3. 4. 2(2)　ブロック案7(最終案)の流況（H/D＝27.6）

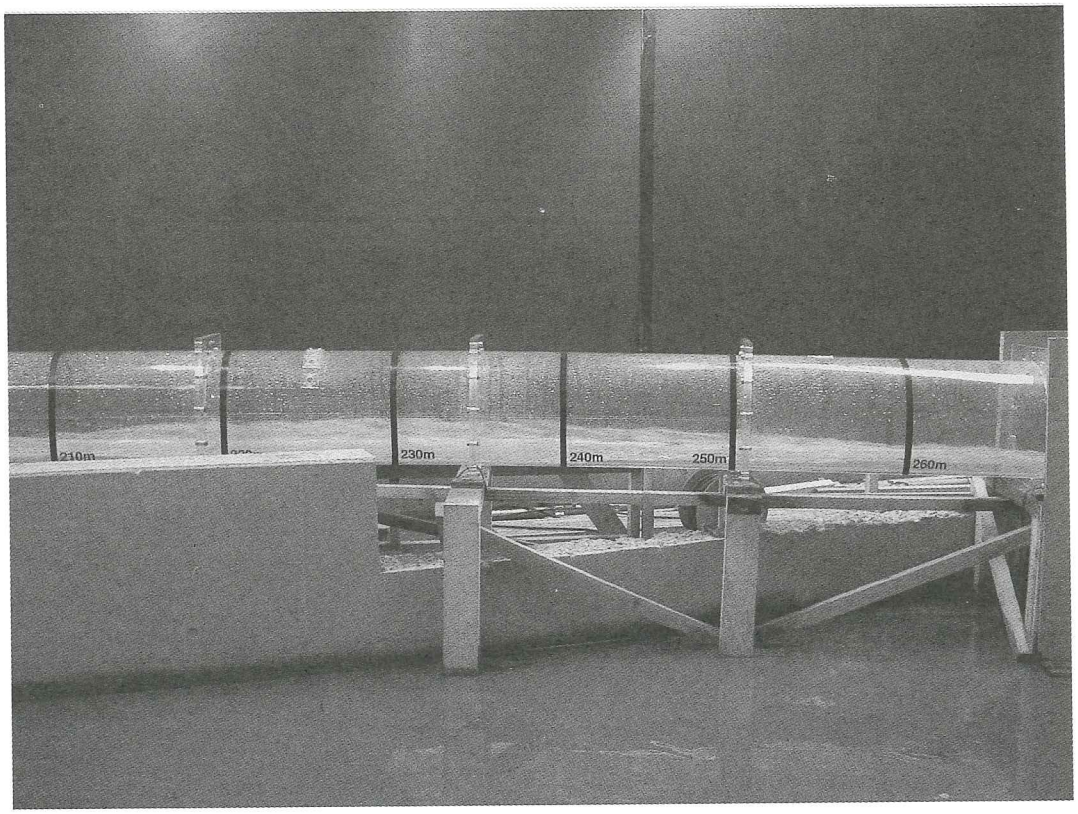




ゲート開度　60%

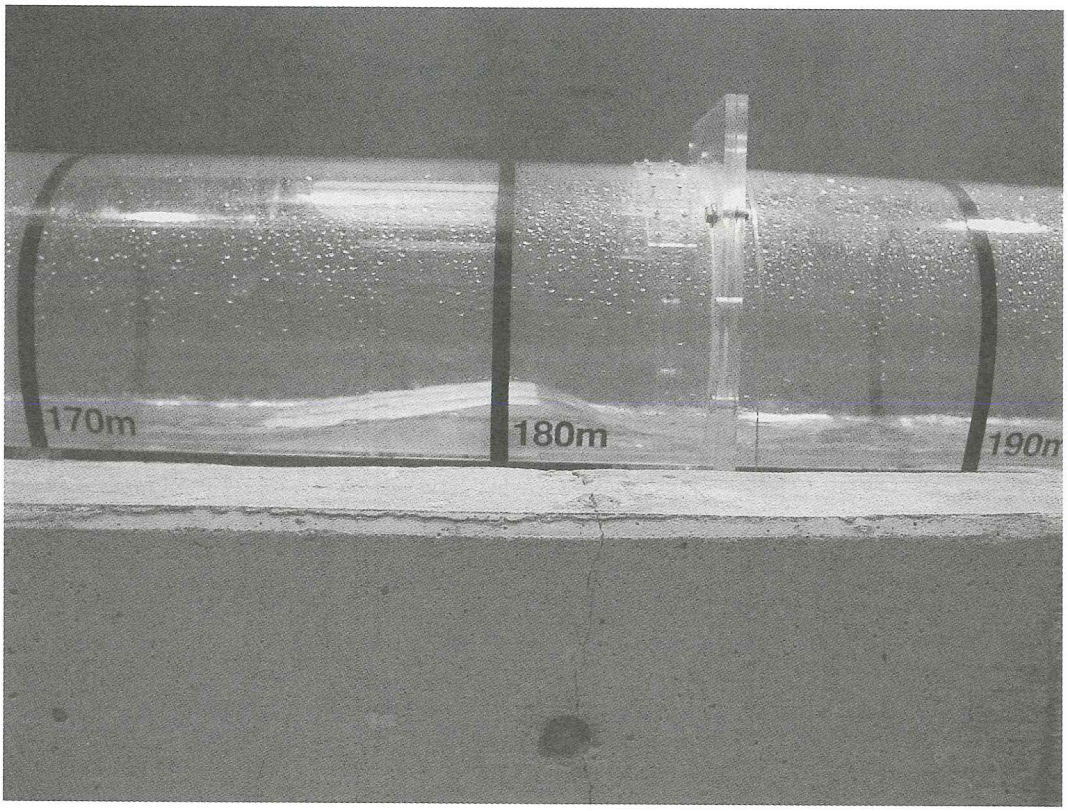
写真－3. 4. 2(3)　ブロック案7(最終案)の流況（H/D＝27.6)

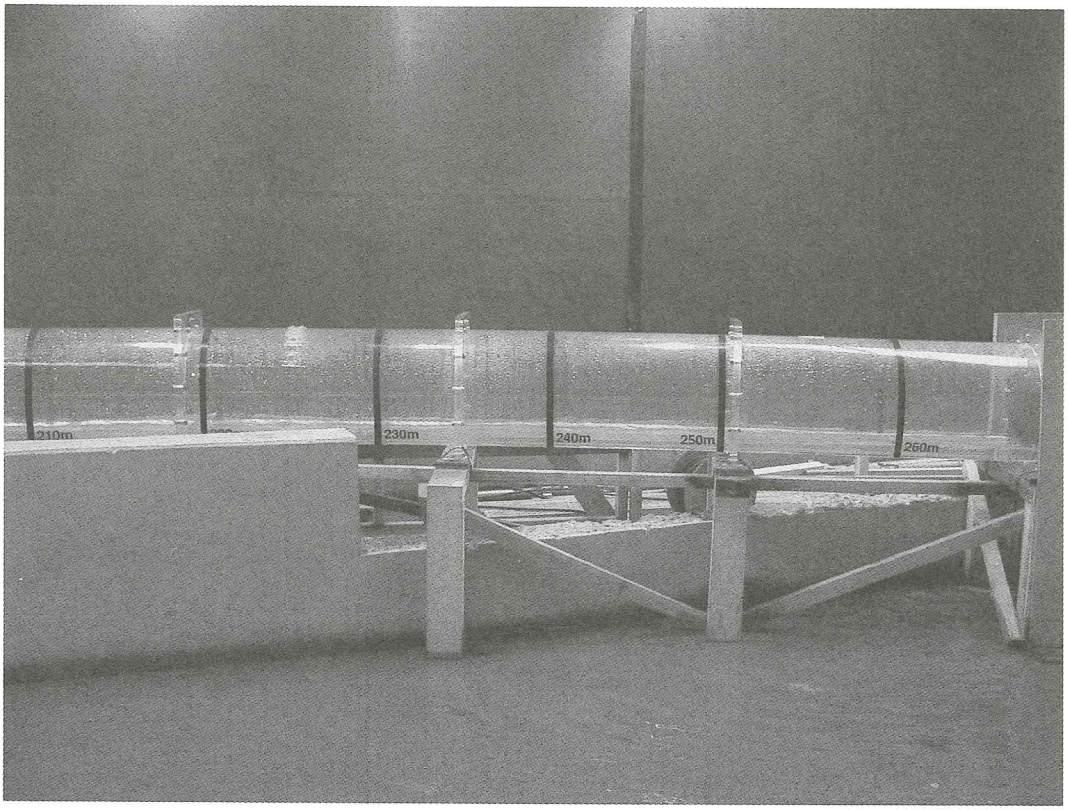




ゲート開度　40%

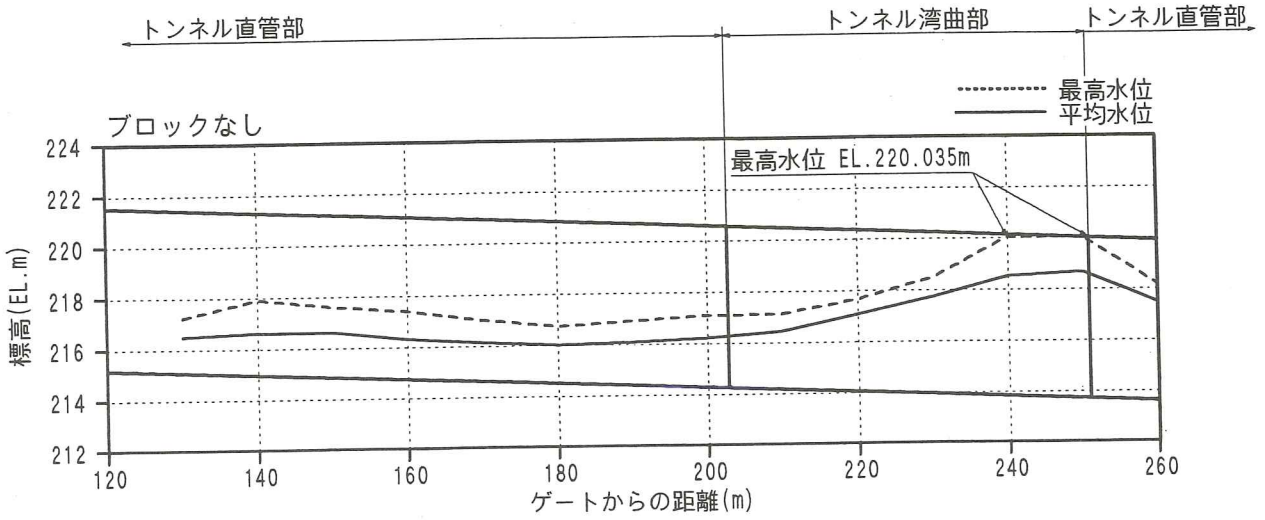
写真－3. 4. 2(4)　ブロック案7(最終案)の流況（H/D＝27.6）

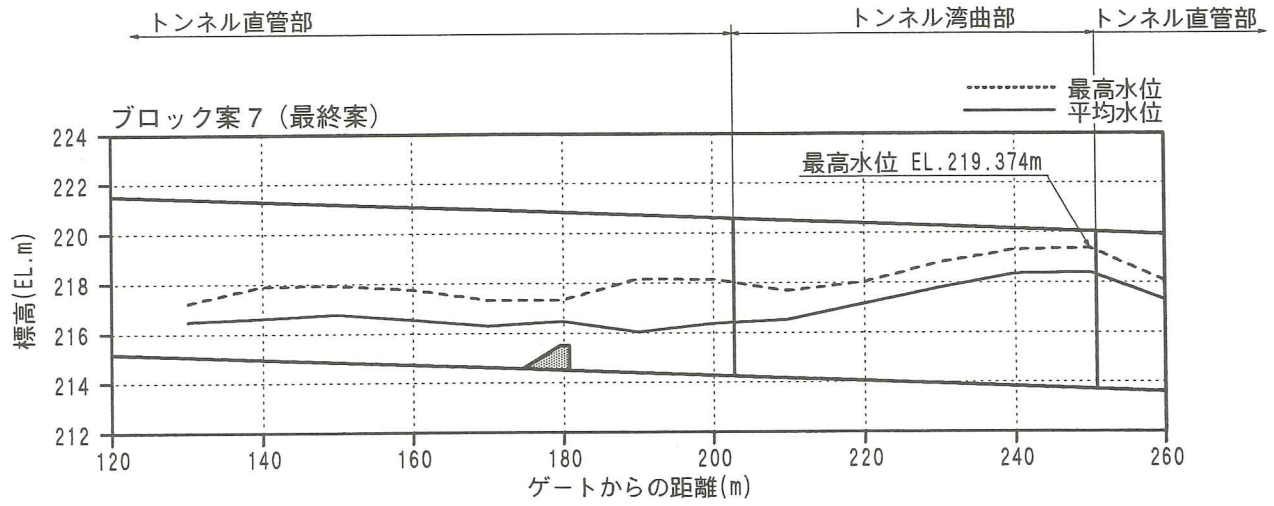


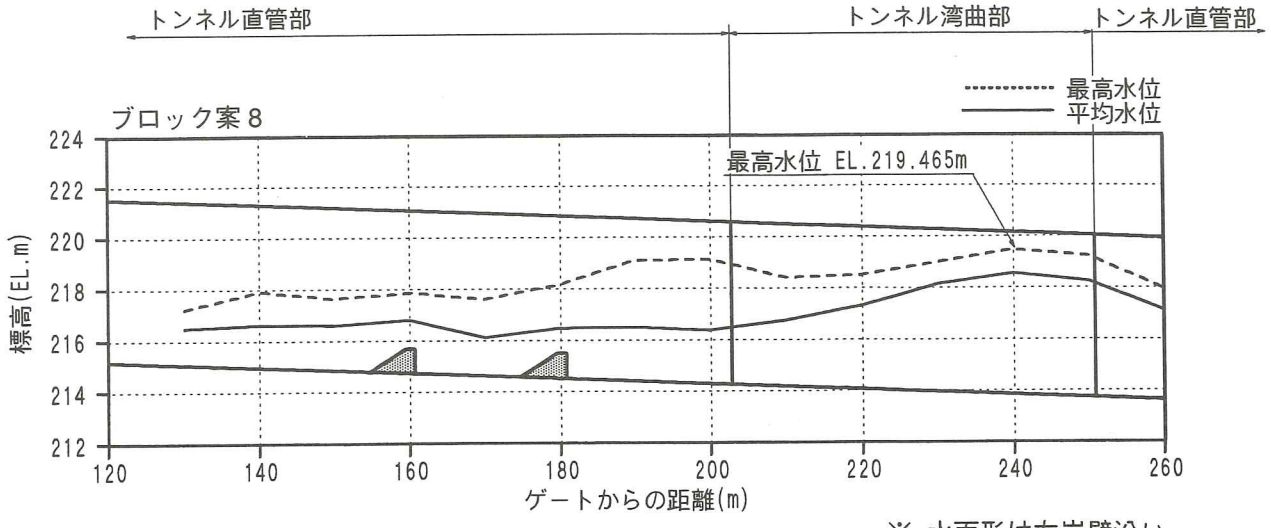


ゲート開度　20%

写真－3. 4. 2(5)　ブロック案7(最終案)の流況（H/D＝27.6)







※ 水面形は左岸壁沿い

デフレクタ張り出し長：1.0m
ゲート開度：全開
H/D=27.6

図－ 3.4.2　湾曲部付近の左岸側水面形の比較

かる。

上記は、最高水位について示したが、ブロックの有無による湾曲部平均水位の低下量は、余り大きくない。本ブロックは、本来、湾曲流入水脈の流速低減を意図したものであったが、大きな減勢効果を有するブロックでは、先に示したように飛散流況となる。トンネル内放流を考慮すると、ブロックの減勢効果は制約を受けざるを得ないものと考えられ、案7を最終案として提示する。

なお、水深から判断して、H/D＝27.6、ゲート全開時には、ブロック位置では15m/S程度の流速が発生している。15m/S以上の流速は例えば米国開拓局の減勢工では、キャビテーション損傷を考慮して、バッフルブロックの設置を避けるのが望ましい流速とされており[3)]、設置にあたっては、ブロック表面を鋼材でライニングするとともに、適切な支持方法を採用する必要がある。

2）トンネル内水面形及び空気流

以上の実験を通じて得られた最終形状（整流についてはデフレクター長1mの導水路案、トンネル湾曲部処理については、ブロック案7）について、トンネル内の水面形調査及び空気流調査を実施した。トンネル内水面形調査は、トンネル壁沿いの水面形を計測して、また、空気流調査は、トンネル中央断面にて実施した。

図－3.4.3 にH/D＝27.6でのゲート全開時トンネル内水面形計測結果を、**図－3.4.4(1)～(5)** にH/D＝27.6でゲート半開時も含めた空気流計測結果（模型値）を示す。整流導流水路を出た流れは、トンネルとの接続部直下流で跳ね上がりを生じているが、その量は小さくスムーズな導流状況が得られていることが確認できる。また、デフレクター上方の空気流は上流に向かう流れとなっており、ゲート部に対し安定した給気がなされていることが分かる。

ところで、ゲート下流約70m位置の左岸側トンネル壁には、維持管理用の通廊口が設けられている。模型では、この通廊口は再現していないが、この通廊は、水理的には凹部を形成し、比較的高流速の流れが流下する。従って、下流側コーナー部の損傷や流況の乱れが懸念され、この部分についてはオフセットを設ける、或いは、通常時には閉塞しておくなどの措置が必要である。その高さ方向の範囲については、先の水面形計測結果を参考にすることができる。また、ゲート放流水脈への給気については、安定した空気流をトンネル内に確認することができているが、ゲート周辺の局所的な部分への供給については、模型では十分確認できない部分もあるので、本通廊を用いてゲート直下流への給気を検討するのが望ましい。

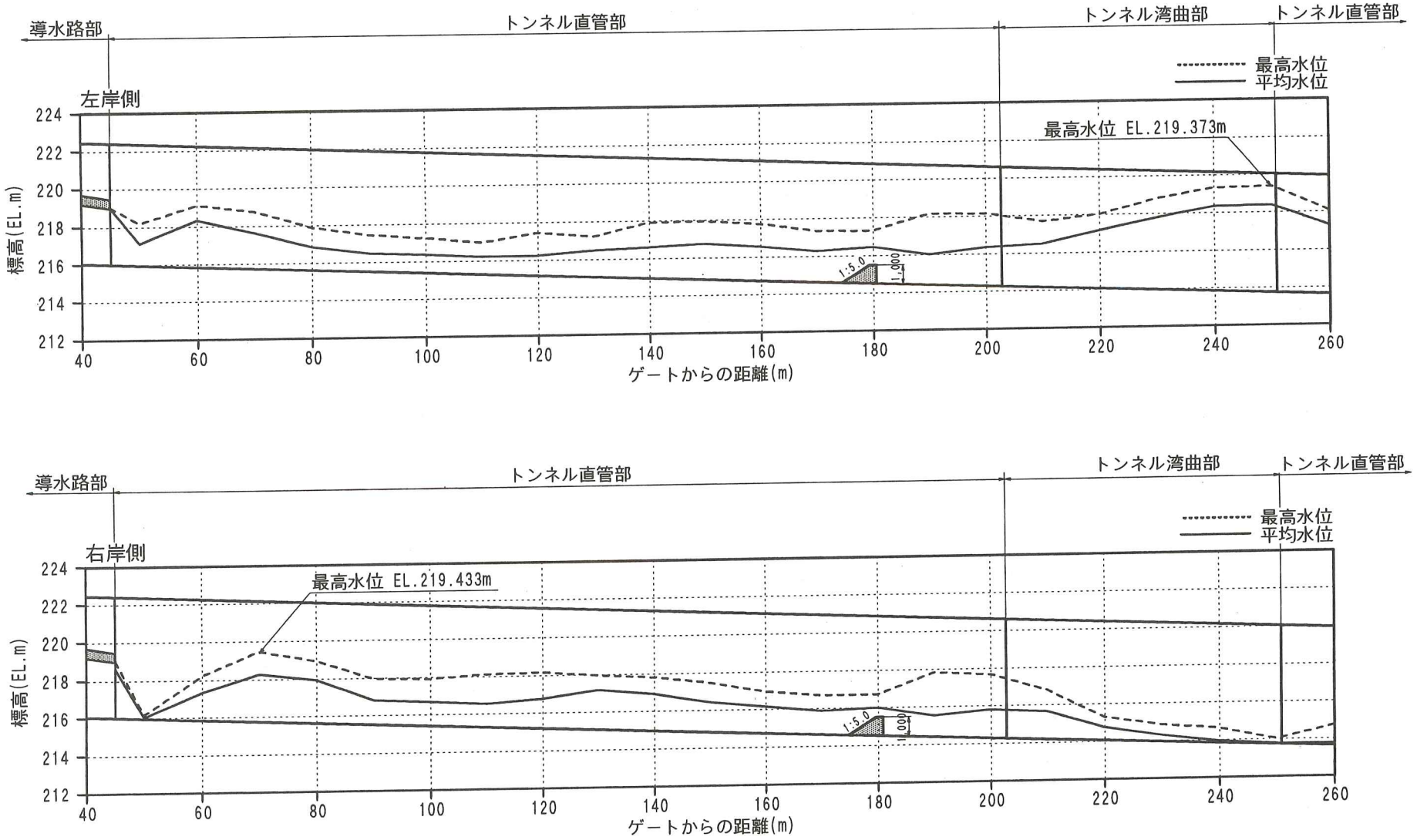
以上のトンネル内水面形及び空気流の測定データは、巻末資料に添付してある。

参考文献

1）黒田満穂、宮崎重雄、山本博士、石山浩司：改良型ジェットフローゲートの水理特性に関する研究－その1－、水門鉄管、No.197、1999

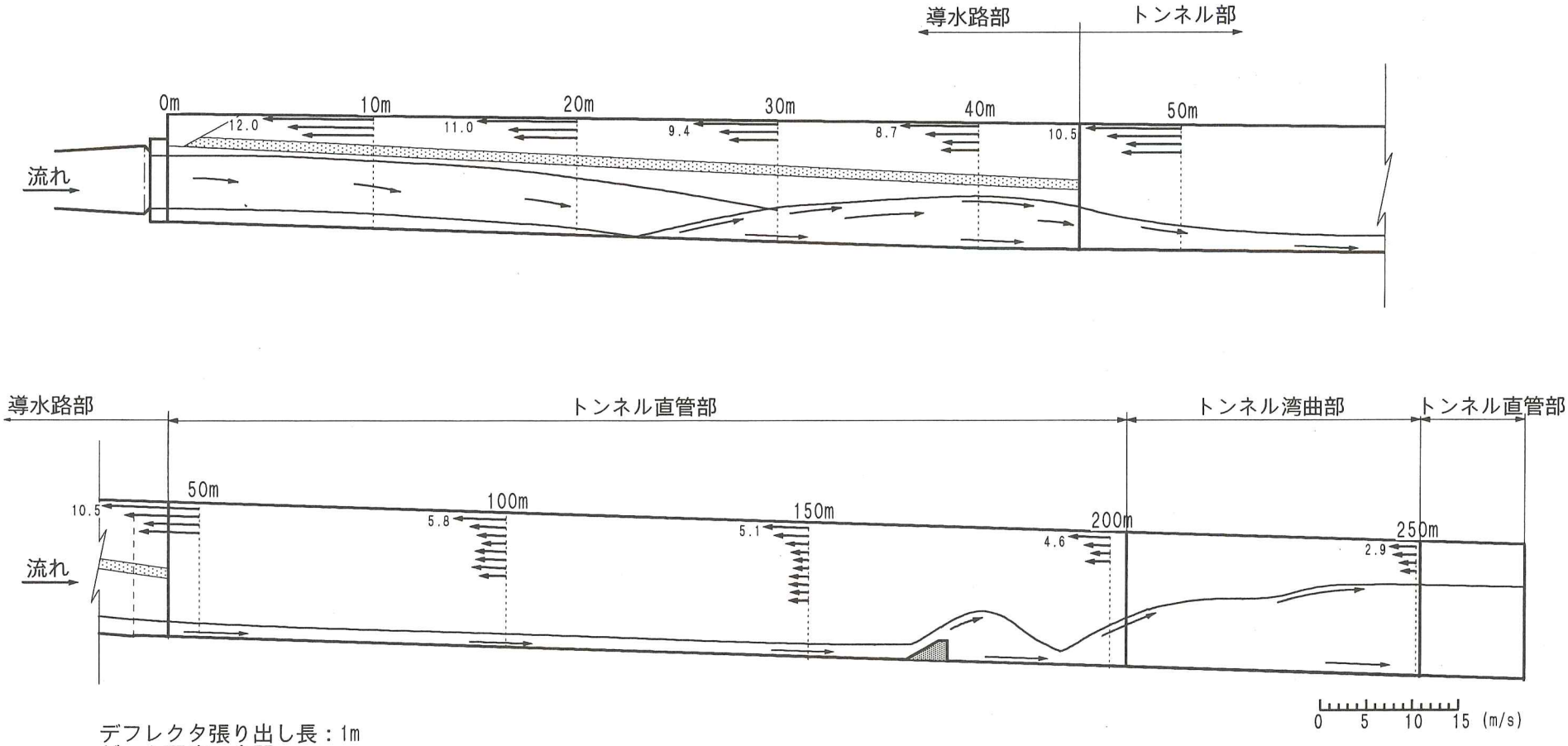
2）林栄港、上田幸彦、西村敬一：ジェットフローゲートの水理特性に関する実験的研究、土木学会第21回水理講演会論文集、1972

3）土木学会：水理公式集－平成11年版－、p.271



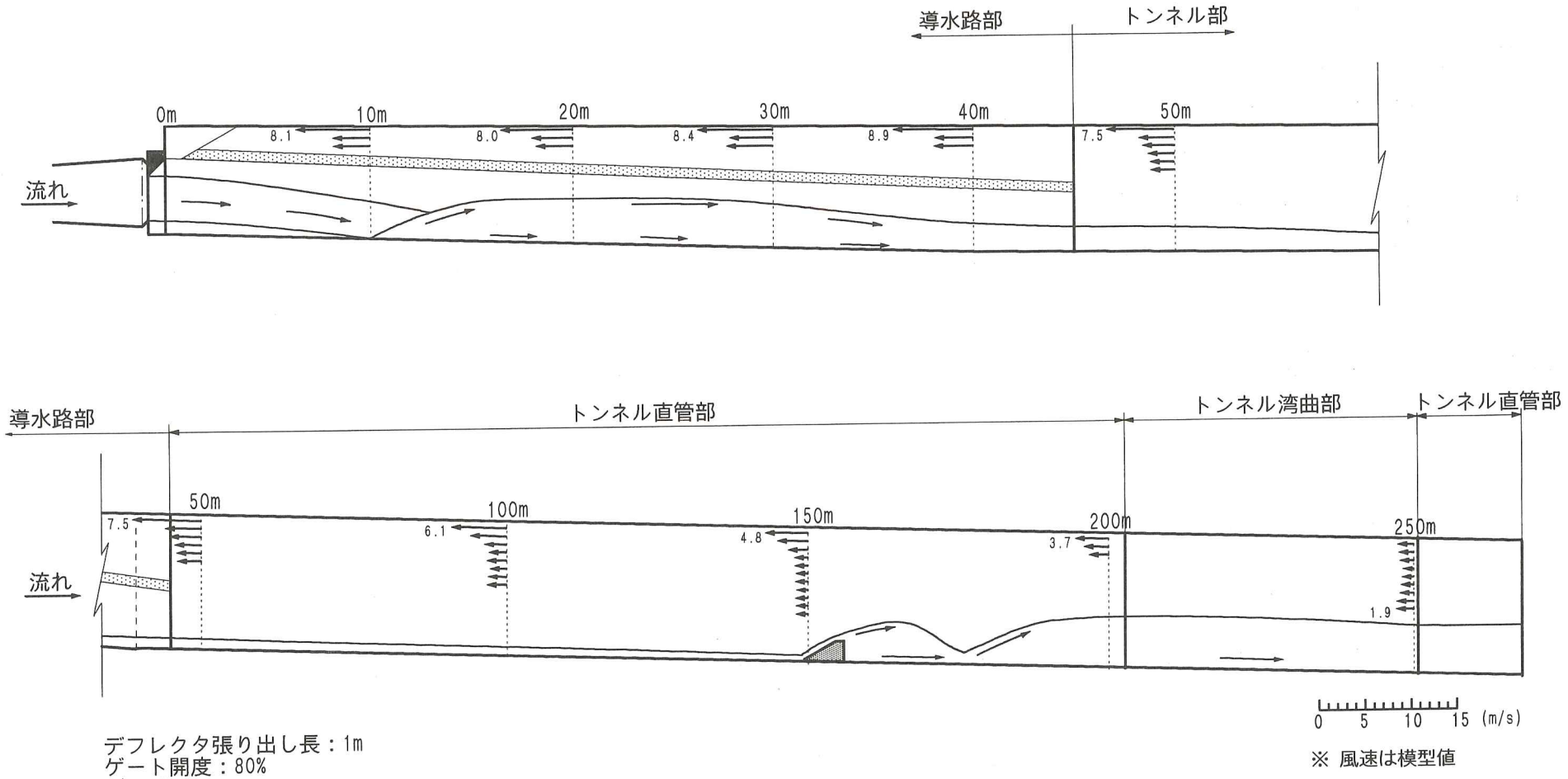
デフレクタ張り出し長：1.0m
ゲート開度：全開
H/D=27.6

図－3.4.3　トンネル内水面形（最終案）

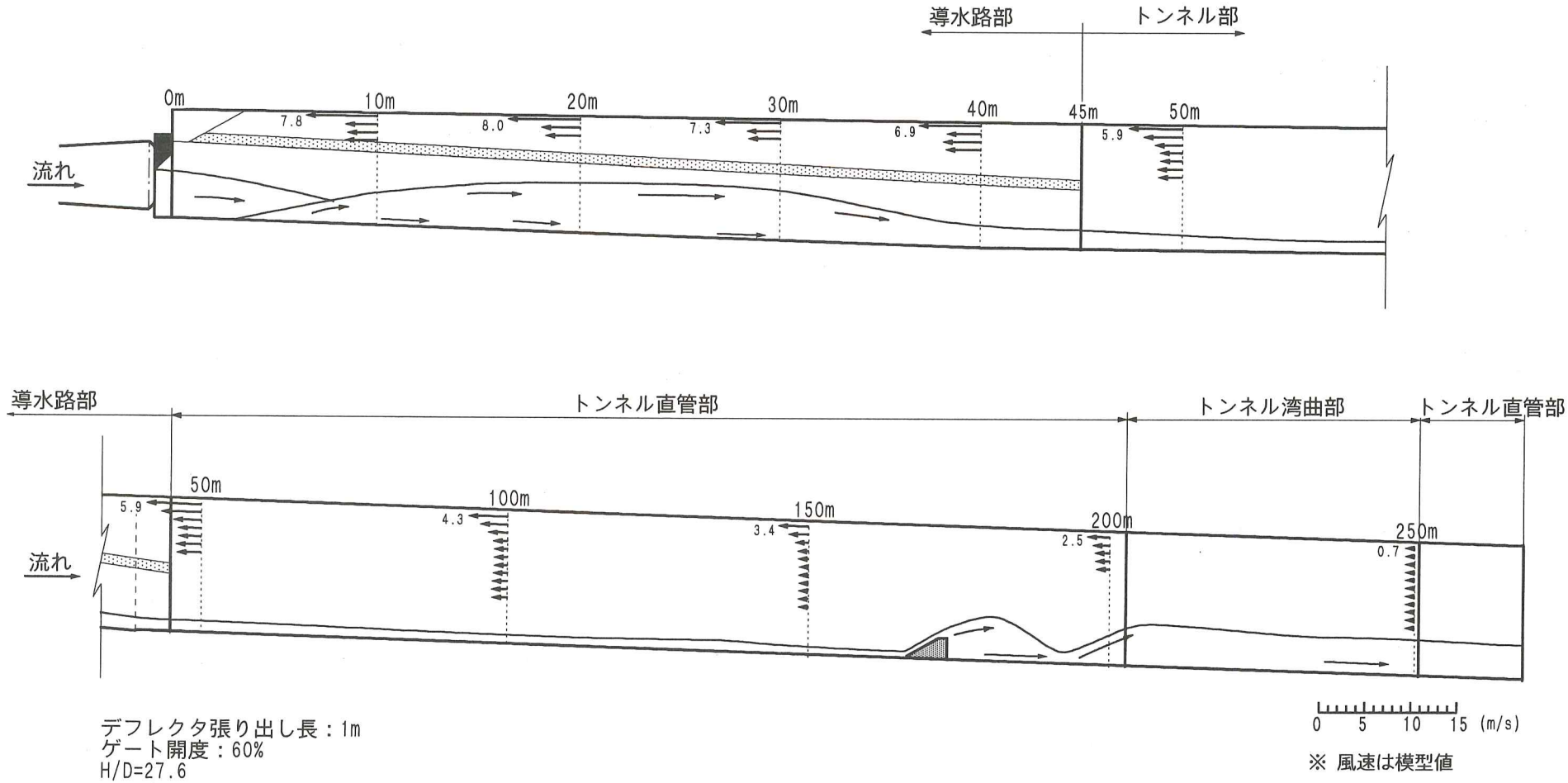


デフレクタ張り出し長：1m
ゲート開度：全開
H/D=27.6

図－ 3.4.4 (1)　空気流の状況（最終案：模型値）

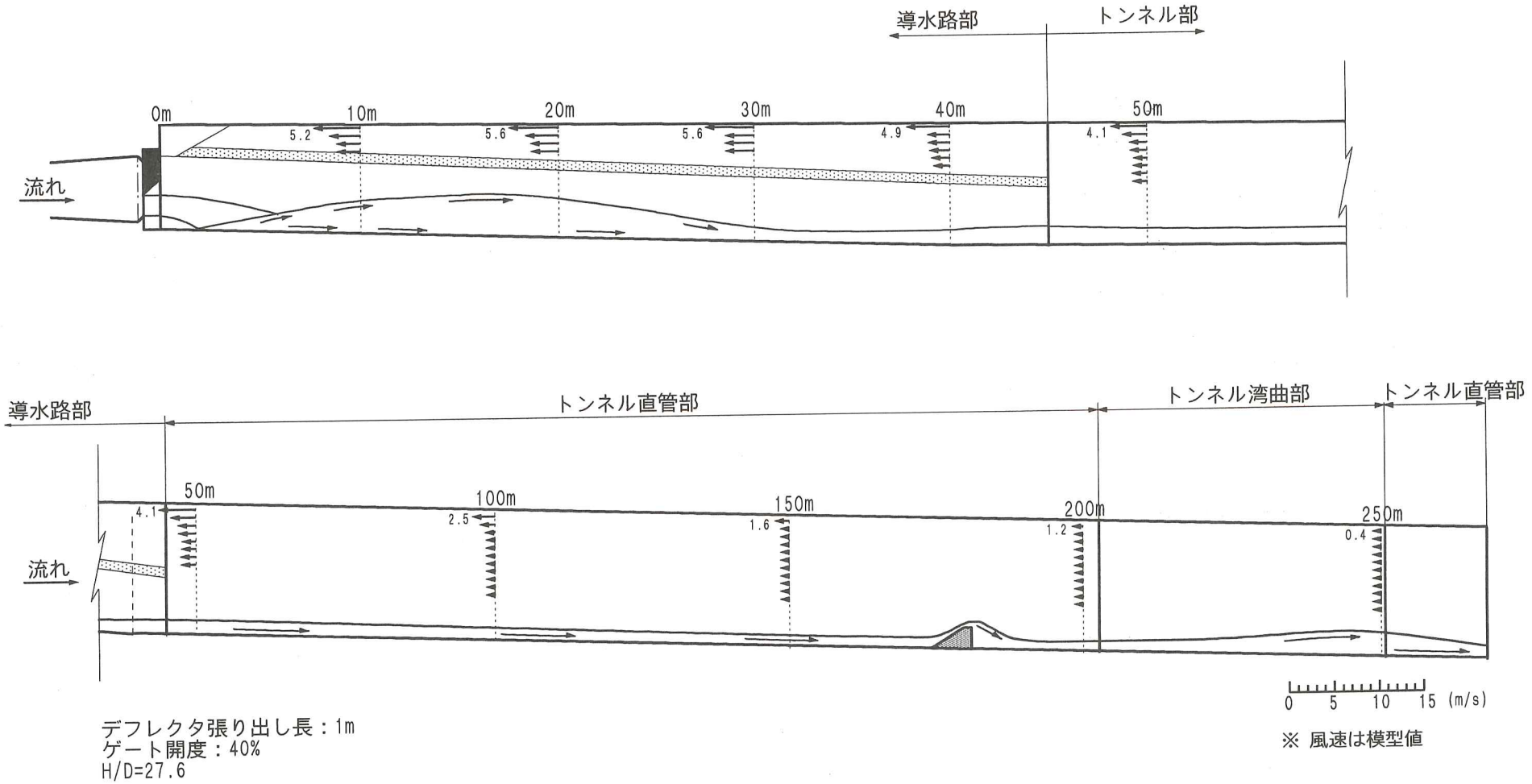


図－3.4.4 (2)　空気流の状況（最終案：模型値）

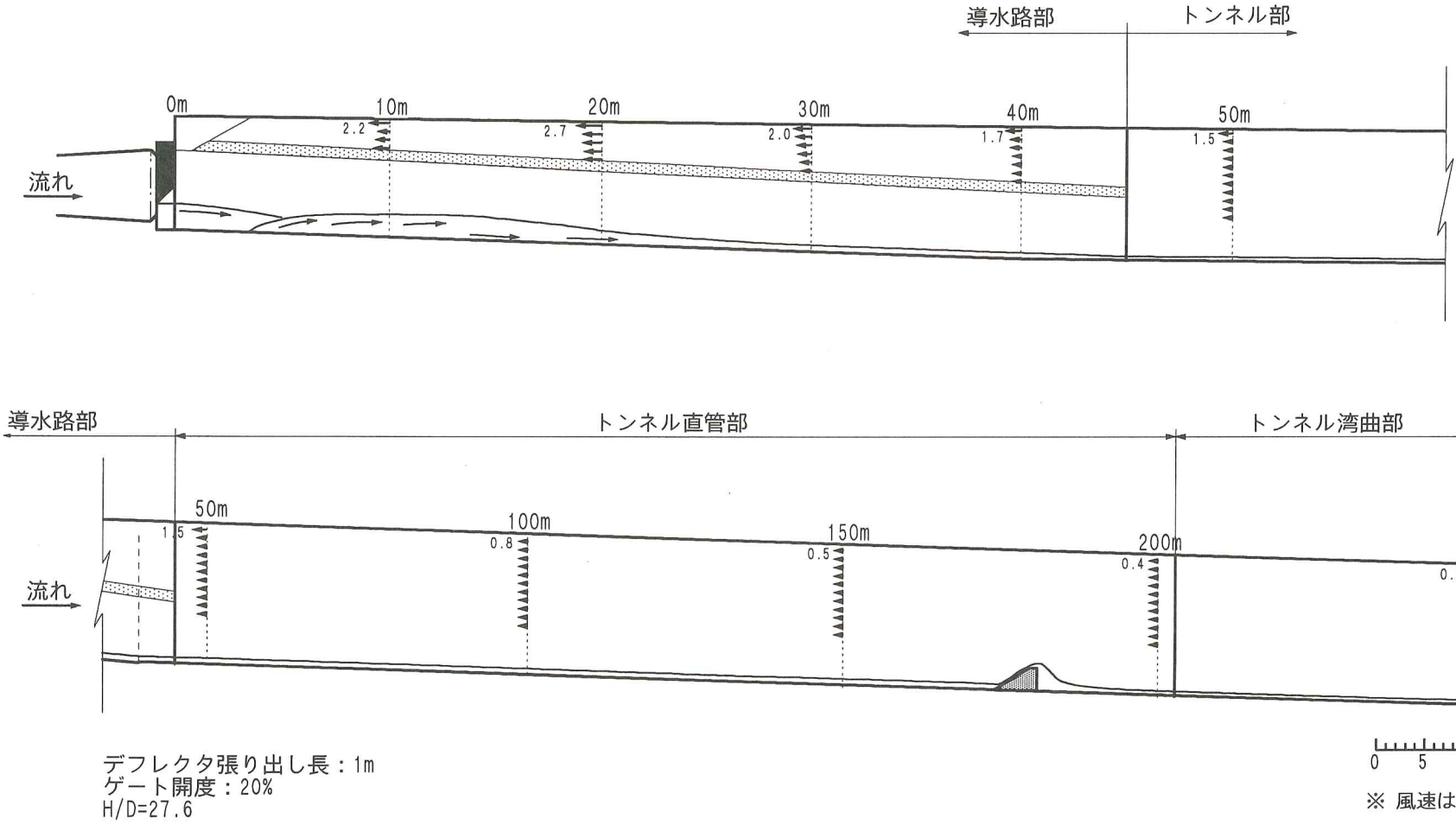


デフレクタ張り出し長：1m
ゲート開度：60%
H/D=27.6

図－ 3.4.4 (3)　空気流の状況（最終案：模型値）



図－ 3.4.4 (4)　空気流の状況（最終案：模型値）



デフレクタ張り出し長：1m
ゲート開度：20%
H/D=27.6

※ 風速は模型値

図－ 3.4.4 (5)　空気流の状況（最終案：模型値）

＜巻末資料集＞

付表－１　Ｈ～Ｑ～Ｇの関係（ゲート底面形状：円弧）

ｹﾞｰﾄ開度 G (%)	模型縮尺1/10 ｹﾞｰﾄ開口高 (m)	流量 Q (m^3/s)	流速 v (m/s)	①速度水頭 $v^2/2g$ (m)	②圧力水頭 p/w (m)	総水頭(=①+②) H (m)	H/D	流量係数 C	Cの平均値
5.054	0.01415	0.00705	0.11449	0.00067	5.55366	5.55433	19.83689	0.01097	
5.054	0.01415	0.00543	0.08810	0.00040	3.20445	3.20485	11.44589	0.01112	
5.054	0.01415	0.00490	0.07958	0.00032	2.61365	2.61397	9.33560	0.01112	0.01135
5.054	0.01415	0.00353	0.05725	0.00017	1.25189	1.25205	4.47162	0.01156	
5.054	0.01415	0.00285	0.04628	0.00011	0.75898	0.75909	2.71102	0.01200	
9.929	0.0278	0.01748	0.28380	0.00411	5.54628	5.55039	19.82281	0.02721	
9.929	0.0278	0.01415	0.22980	0.00269	3.29704	3.29973	11.78475	0.02857	
9.929	0.0278	0.01183	0.19204	0.00188	2.18092	2.18281	7.79573	0.02936	0.02904
9.929	0.0278	0.00998	0.16200	0.00134	1.51390	1.51524	5.41158	0.02973	
9.929	0.0278	0.00828	0.13439	0.00092	1.00099	1.00191	3.57825	0.03033	
20.071	0.0562	0.04953	0.80430	0.03301	5.64825	5.68126	20.29021	0.07622	
20.071	0.0562	0.03605	0.58546	0.01749	3.24464	3.26213	11.65047	0.07322	
20.071	0.0562	0.03145	0.51076	0.01331	2.37668	2.38999	8.53568	0.07463	0.07486
20.071	0.0562	0.02613	0.42428	0.00918	1.61061	1.61979	5.78497	0.07530	
20.071	0.0562	0.01993	0.32359	0.00534	0.94627	0.95161	3.39862	0.07493	
29.821	0.0835	0.08648	1.40438	0.10063	5.32937	5.43000	19.39285	0.13613	
29.821	0.0835	0.06930	1.12545	0.06462	3.39754	3.46217	12.36489	0.13662	
29.821	0.0835	0.05430	0.88185	0.03968	2.03191	2.07158	7.39851	0.13839	0.13808
29.821	0.0835	0.04513	0.73284	0.02740	1.39491	1.42231	5.07968	0.13880	
29.821	0.0835	0.03823	0.62079	0.01966	0.97697	0.99663	3.55939	0.14046	
39.821	0.1115	0.13320	2.16321	0.23875	4.93293	5.17168	18.47029	0.21486	
39.821	0.1115	0.10810	1.75558	0.15725	3.26881	3.42606	12.23592	0.21424	
39.821	0.1115	0.08733	1.41818	0.10261	2.22620	2.32882	8.31721	0.20991	0.21274
39.821	0.1115	0.07495	1.21721	0.07559	1.62144	1.69703	6.06081	0.21105	
39.821	0.1115	0.06108	0.99188	0.05019	1.04979	1.09999	3.92853	0.21362	
49.821	0.1395	0.18893	3.06820	0.48030	5.09953	5.57983	19.92796	0.29339	
49.821	0.1395	0.15193	2.46731	0.31059	3.15481	3.46541	12.37645	0.29938	
49.821	0.1395	0.12785	2.07632	0.21995	2.17531	2.39527	8.55452	0.30303	0.29928
49.821	0.1395	0.09815	1.59399	0.12963	1.37495	1.50458	5.37349	0.29353	
49.821	0.1395	0.08150	1.32358	0.08938	0.85859	0.94797	3.38562	0.30706	
59.821	0.1675	0.26950	4.37676	0.97735	5.28230	6.25965	22.35589	0.39514	
59.821	0.1675	0.20613	3.34753	0.57173	3.12068	3.69241	13.18719	0.39350	
59.821	0.1675	0.16203	2.63133	0.35326	1.91710	2.27036	8.10844	0.39446	0.39500
59.821	0.1675	0.15010	2.43767	0.30318	1.58235	1.88553	6.73403	0.40099	
59.821	0.1675	0.11793	1.91514	0.18713	1.03752	1.22465	4.37374	0.39090	
70.179	0.1965	0.35400	5.74907	1.68631	4.95201	6.63833	23.70831	0.50401	
70.179	0.1965	0.27840	4.52130	1.04297	2.99321	4.03618	14.41491	0.50834	
70.179	0.1965	0.21958	3.56596	0.64878	1.93217	2.58095	9.21769	0.50137	0.50428
70.179	0.1965	0.19433	3.15590	0.50815	1.54077	2.04892	7.31757	0.49800	
70.179	0.1965	0.14423	2.34226	0.27991	0.79764	1.07755	3.84839	0.50967	
79.821	0.2235	0.43458	7.05763	2.54133	4.17449	6.71582	23.98508	0.61515	
79.821	0.2235	0.37503	6.09052	1.89257	3.09313	4.98571	17.80610	0.61612	
79.821	0.2235	0.34160	5.54769	1.57025	2.56099	4.13123	14.75440	0.61652	0.61760
79.821	0.2235	0.31735	5.15386	1.35522	2.20859	3.56381	12.72790	0.61666	
79.821	0.2235	0.27095	4.40031	0.98789	1.55272	2.54062	9.07363	0.62357	
79.821	0.2235	0.20555	3.33819	0.56855	0.84081	1.40935	5.03340	0.63515	
90.536	0.2535	0.52323	8.49733	3.68391	3.06610	6.75001	24.10718	0.73876	
90.536	0.2535	0.47563	7.72429	3.04412	2.51280	5.55691	19.84612	0.74014	
90.536	0.2535	0.40438	6.56717	2.20039	1.79284	3.99324	14.26156	0.74231	0.74257
90.536	0.2535	0.37315	6.06007	1.87370	1.53121	3.40490	12.16036	0.74182	
90.536	0.2535	0.29253	4.75069	1.15148	0.89664	2.04813	7.31474	0.74981	
100.000	0.28	0.65675	10.66582	5.80406	2.70194	8.50601	30.37860	0.82604	
100.000	0.28	0.55515	9.01580	4.14718	1.84992	5.99710	21.41822	0.83158	
100.000	0.28	0.48648	7.90050	3.18459	1.40725	4.59184	16.39942	0.83279	0.83167
100.000	0.28	0.46015	7.47297	2.84925	1.24861	4.09787	14.63523	0.83385	
100.000	0.28	0.42013	6.82296	2.37514	1.03872	3.41385	12.19234	0.83411	
100.000	0.28	0.37298	6.05723	1.87194	0.81432	2.68625	9.59376	0.83478	

※）模型値

付表－２　Ｈ～Ｑ～Ｇの関係（ゲート底面形状：直線）

ｹﾞｰﾄ開度 G (%)	模型縮尺1/10 ｹﾞｰﾄ開口高 (m)	流量 Q (m^3/s)	流速 v (m/s)	①速度水頭 $v^2/2g$ (m)	②圧力水頭 p/w (m)	総水頭(=①+②) H (m)	H/D	流量係数 C	Cの平均値
5.000	0.014	0.00898	0.14576	0.00108	5.36707	5.36815	19.17197	0.01421	
5.000	0.014	0.00705	0.11449	0.00067	3.34416	3.34483	11.94582	0.01414	
5.000	0.014	0.00585	0.09501	0.00046	2.11962	2.12008	7.57172	0.01474	0.01450
5.000	0.014	0.00488	0.07917	0.00032	1.49377	1.49409	5.33602	0.01463	
5.000	0.014	0.00395	0.06415	0.00021	0.96244	0.96265	3.43803	0.01477	
10.036	0.0281	0.02123	0.34470	0.00606	5.43475	5.44081	19.43145	0.03338	
10.036	0.0281	0.01780	0.28908	0.00426	3.27266	3.27692	11.70330	0.03607	
10.036	0.0281	0.01493	0.24239	0.00300	2.25360	2.25660	8.05929	0.03645	0.03642
10.036	0.0281	0.01278	0.20747	0.00220	1.62158	1.62378	5.79921	0.03678	
10.036	0.0281	0.00928	0.15063	0.00116	0.74298	0.74413	2.65762	0.03944	
19.857	0.0556	0.06063	0.98457	0.04946	5.62702	5.67648	20.27313	0.09334	
19.857	0.0556	0.04823	0.78319	0.03130	3.64076	3.67205	13.11447	0.09232	
19.857	0.0556	0.03593	0.58343	0.01737	2.08443	2.10180	7.50641	0.09090	0.09161
19.857	0.0556	0.03148	0.51116	0.01333	1.60327	1.61660	5.77356	0.09081	
19.857	0.0556	0.02295	0.37271	0.00709	0.85489	0.86198	3.07849	0.09068	
39.875	0.11165	0.16608	2.69711	0.37114	5.48148	5.85263	20.90224	0.25182	
39.875	0.11165	0.13500	2.19244	0.24524	3.46419	3.70944	13.24798	0.25713	
39.875	0.11165	0.10470	1.70036	0.14751	2.17326	2.32077	8.28845	0.25211	0.25455
39.875	0.11165	0.08685	1.41047	0.10150	1.47079	1.57230	5.61534	0.25408	
39.875	0.11165	0.06785	1.10190	0.06195	0.87138	0.93333	3.33333	0.25763	
49.286	0.138	0.23255	3.77668	0.72772	5.13638	5.86410	20.94320	0.35228	
49.286	0.138	0.14590	2.36946	0.28645	1.96033	2.24677	8.02419	0.35706	0.35680
49.286	0.138	0.12535	2.03572	0.21144	1.42246	1.63390	5.83535	0.35973	
60.000	0.168	0.31115	5.05317	1.30278	4.92724	6.23002	22.25009	0.45729	
60.000	0.168	0.26158	4.24806	0.92071	3.42619	4.34690	15.52466	0.46023	
60.000	0.168	0.19215	3.12057	0.49684	1.94500	2.44184	8.72086	0.45107	0.45913
60.000	0.168	0.16753	2.72066	0.37765	1.42659	1.80424	6.44372	0.45751	
60.000	0.168	0.13873	2.25294	0.25897	0.91547	1.17443	4.19441	0.46958	
79.821	0.2235	0.50600	8.21759	3.44535	4.37144	7.81679	27.91711	0.66390	
79.821	0.2235	0.42340	6.87614	2.41231	3.04370	5.45602	19.48577	0.66493	
79.821	0.2235	0.34785	5.64919	1.62823	2.03544	3.66368	13.08456	0.66665	0.66814
79.821	0.2235	0.30280	4.91756	1.23380	1.50429	2.73809	9.77889	0.67127	
79.821	0.2235	0.24198	3.92975	0.78790	0.94682	1.73472	6.19544	0.67394	

※）模型値

付表－3 (1)　放流水脈上面の水面形測定結果（円弧）

※水面形はｹﾞｰﾄ中心からの高さで示す。

ｹﾞｰﾄ開度	管直径比換算（×D）				模型値（ｃｍ）			
	総水頭	距離	水面形		総水頭	距離	水面形	
(%)	H	L	平均水位	最高水位	Hm	Lm	平均水位	最高水位
10	10.1	1.8	-0.6188	-0.6036	281.4	50	-17.3	-16.9
		3.6	-0.9946	-0.9643		100	-27.9	-27.0
		5.4	-1.5571	-1.5179		150	-43.6	-42.5
		7.1	-2.2375	-2.1929		200	-62.7	-61.4
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	14.6	1.8	-0.5964	-0.5875	407.9	50	-16.7	-16.5
		3.6	-0.8688	-0.8286		100	-24.3	-23.2
		5.4	-1.2938	-1.2500		150	-36.2	-35.0
		7.1	-1.8286	-1.7857		200	-51.2	-50.0
		8.9	-2.4009	-2.3679		250	-67.2	-66.3
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	19.6	1.8	-0.5804	-0.5714	549.7	50	-16.3	-16.0
		3.6	-0.8348	-0.8125		100	-23.4	-22.8
		5.4	-1.1759	-1.1554		150	-32.9	-32.4
		7.1	-1.5634	-1.4929		200	-43.8	-41.8
		8.9	-2.0750	-2.0143		250	-58.1	-56.4
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-

※水面形はｹﾞｰﾄ中心からの高さで示す。

ｹﾞｰﾄ開度	管直径比換算（×D）				模型値（ｃｍ）			
	総水頭	距離	水面形		総水頭	距離	水面形	
(%)	H	L	平均水位	最高水位	Hm	Lm	平均水位	最高水位
20	10.0	1.8	-0.5402	-0.5304	281.2	50	-15.1	-14.9
		3.6	-0.9170	-0.8964		100	-25.7	-25.1
		5.4	-1.4116	-1.3482		150	-39.5	-37.8
		7.1	-2.1446	-2.1179		200	-60.1	-59.3
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	15.0	1.8	-0.5116	-0.4982	419.3	50	-14.3	-14.0
		3.6	-0.7804	-0.7214		100	-21.9	-20.2
		5.4	-1.2009	-1.1321		150	-33.6	-31.7
		7.1	-1.7196	-1.6393		200	-48.2	-45.9
		8.9	-2.3330	-2.2768		250	-65.3	-63.8
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	20.1	1.8	-0.4982	-0.4786	561.9	50	-14.0	-13.4
		3.6	-0.7402	-0.6946		100	-20.7	-19.5
		5.4	-1.0473	-0.9250		150	-29.3	-25.9
		7.1	-1.5054	-1.4107		200	-42.2	-39.5
		8.9	-1.9857	-1.8643		250	-55.6	-52.2
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-

付表－3 (2)　放流水脈上面の水面形測定結果（円弧）

※水面形はｹﾞｰﾄ中心からの高さで示す。

ｹﾞｰﾄ開度	管直径比換算（×D）				模型値（ｃｍ）			
	総水頭	距離	水面形		総水頭	距離	水面形	
(%)	H	L	平均水位	最高水位	Hm	Lm	平均水位	最高水位
40	10.4	1.8	0.3732	-0.3429	290.7	50	-10.5	-9.6
		3.6	-0.7616	-0.6982		100	-21.3	-19.6
		5.4	-1.2768	-1.1786		150	-35.8	-33.0
		7.1	-1.9893	-1.8929		200	-55.7	-53.0
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	15.6	1.8	-0.3661	-0.3321	438.0	50	-10.3	-9.3
		3.6	-0.6795	-0.6214		100	-19.0	-17.4
		5.4	-1.0545	-0.9196		150	-29.5	-25.8
		7.1	-1.5777	-1.4821		200	-44.2	-41.5
		8.9	-2.1670	-2.0214		250	-60.7	-56.6
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	21.0	1.8	-0.3054	-0.2446	589.2	50	-8.6	-6.8
		3.6	-0.5250	-0.4000		100	-14.7	-11.2
		5.4	-0.8616	-0.6875		150	-24.1	-19.3
		7.1	-1.3955	-1.1929		200	-39.1	-33.4
		8.9	-1.7375	-1.5250		250	-48.7	-42.7
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-

※水面形はｹﾞｰﾄ中心からの高さで示す。

ｹﾞｰﾄ開度	管直径比換算（×D）				模型値（ｃｍ）			
	総水頭	距離	水面形		総水頭	距離	水面形	
(%)	H	L	平均水位	最高水位	Hm	Lm	平均水位	最高水位
50	11.3	1.8	-0.2732	-0.2250	315.4	50	-7.7	-6.3
		3.6	-0.6312	-0.5036		100	-17.7	-14.1
		5.4	-1.1063	-0.9929		150	-31.0	-27.8
		7.1	-1.7420	-1.6036		200	-48.8	-44.9
		8.9	-2.4848	-2.3714		250	-69.6	-66.4
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	15.9	1.8	-0.2161	-0.1250	445.5	50	-6.0	-3.5
		3.6	-0.5107	-0.4071		100	-14.3	-11.4
		5.4	-0.9250	-0.8179		150	-25.9	-22.9
		7.1	-1.4223	-1.2625		200	-39.8	-35.4
		8.9	-1.9839	-1.8304		250	-55.6	-51.3
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	21.2	1.8	-0.1875	-0.0893	593.7	50	-5.3	-2.5
		3.6	-0.4250	-0.3143		100	-11.9	-8.8
		5.4	-0.7821	-0.6571		150	-21.9	-18.4
		7.1	-1.1179	-0.9286		200	-31.3	-26.0
		8.9	-1.6732	-1.5179		250	-46.9	-42.5
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-

付表－3 (3)　放流水脈上面の水面形測定結果（円弧）

※水面形はｹﾞｰﾄ中心からの高さで示す。

ｹﾞｰﾄ開度	管直径比換算（×D）				模型値（ｃｍ）			
	総水頭	距離	水面形		総水頭	距離	水面形	
(%)	H	L	平均水位	最高水位	Hm	Lm	平均水位	最高水位
60	11.3	1.8	-0.1696	-0.0893	315.3	50	-4.8	-2.5
		3.6	-0.5277	-0.4286		100	-14.8	-12.0
		5.4	-1.0866	-1.0000		150	-30.4	-28.0
		7.1	-1.6518	-1.5071		200	-46.3	-42.2
		8.9	-2.4134	-2.3268		250	-67.6	-65.2
		－	－	－		－	－	－
		－	－	－		－	－	－
	17.5	1.8	-0.1071	-0.0107	491.0	50	-3.0	-0.3
		3.6	-0.3652	-0.2482		100	-10.2	-6.9
		5.4	-0.6946	-0.5179		150	-19.5	-14.5
		7.1	-1.1339	-0.9464		200	-31.8	-26.5
		8.9	-1.6643	-1.4714		250	-46.6	-41.2
		－	－	－		－	－	－
		－	－	－		－	－	－
	22.1	1.8	-0.1277	-0.0625	618.8	50	-3.6	-1.8
		3.6	-0.3821	-0.3232		100	-10.7	-9.1
		5.4	-0.6982	-0.5393		150	-19.6	-15.1
		7.1	-1.0536	-0.9036		200	-29.5	-25.3
		8.9	-1.5116	-1.3286		250	-42.3	-37.2
		－	－	－		－	－	－
		－	－	－		－	－	－

※水面形はｹﾞｰﾄ中心からの高さで示す。

ｹﾞｰﾄ開度	管直径比換算（×D）				模型値（ｃｍ）			
	総水頭	距離	水面形		総水頭	距離	水面形	
(%)	H	L	平均水位	最高水位	Hm	Lm	平均水位	最高水位
80	13.8	1.8	0.0982	0.1679	387.1	50	2.8	4.7
		3.6	-0.1527	-0.0625		100	-4.3	-1.8
		5.4	-0.5232	-0.4071		150	-14.7	-11.4
		7.1	-0.9509	-0.8161		200	-26.6	-22.9
		8.9	-1.4946	-1.3571		250	-41.9	-38.0
		10.7	-2.3179	-2.0536		300	-64.9	-57.5
		－	－	－		－	－	－
	20.0	1.8	0.1045	0.1714	559.0	50	2.9	4.8
		3.6	-0.1214	-0.0250		100	-3.4	-0.7
		5.4	-0.3875	-0.2750		150	-10.9	-7.7
		7.1	-0.7241	-0.5339		200	-20.3	-15.0
		8.9	-1.0054	-0.8464		250	-28.2	-23.7
		10.7	-1.5438	-1.2804		300	-43.2	-35.9
		12.5	-1.7179	-1.3393		350	-48.1	-37.5
	26.2	1.8	0.1723	0.2500	733.0	50	4.8	7.0
		3.6	-0.0286	0.0571		100	-0.8	1.6
		5.4	-0.2554	-0.0571		150	-7.1	-1.6
		7.1	-0.5464	-0.3179		200	-15.3	-8.9
		8.9	-0.9714	-0.7107		250	-27.2	-19.9
		10.7	-1.2152	-1.0000		300	-34.0	-28.0
		12.5	-1.8054	-1.5429		350	-50.6	-43.2

付表－3 (4)　放流水脈上面の水面形測定結果（円弧）

※水面形はｹﾞｰﾄ中心からの高さで示す。

ｹﾞｰﾄ開度	管直径比換算（×D）				模型値（ｃｍ）			
	総水頭	距離	水面形		総水頭	距離	水面形	
(%)	H	L	平均水位	最高水位	Hm	Lm	平均水位	最高水位
100	14.5	1.8	0.5509	0.6393	407.0	50	15.4	17.9
		3.6	0.5357	0.6696		100	15.0	18.8
		5.4	0.3268	0.4518		150	9.2	12.7
		7.1	0.0696	0.2625		200	2.0	7.3
		8.9	-0.2259	-0.0304		250	-6.3	-0.8
		10.7	-0.6652	-0.4196		300	-18.6	-11.8
		12.5	-1.2884	-1.0089		350	-36.1	-28.3
	17.6	1.8	0.4973	0.6321	492.2	50	13.9	17.7
		3.6	0.2268	0.5768		100	6.3	16.2
		5.4	0.1071	0.2821		150	3.0	7.9
		7.1	-0.1813	0.0536		200	-5.1	1.5
		8.9	-0.6839	-0.4250		250	-19.2	-11.9
		10.7	-1.1661	-0.8893		300	-32.7	-24.9
		12.5	-1.9036	-1.6929		350	-53.3	-47.4
	31.2	1.8	0.5571	0.6714	873.7	50	15.6	18.8
		3.6	0.5643	0.7107		100	15.8	19.9
		5.4	0.4723	0.6232		150	13.2	17.5
		7.1	0.4313	0.5964		200	12.1	16.7
		8.9	0.1768	0.4071		250	5.0	11.4
		10.7	0.0509	0.3821		300	1.4	10.7
		12.5	-0.3982	-0.1536		350	-11.2	-4.3

付表－4 (1)　放流水脈上面の水面形測定結果（直線）

※水面形はｹﾞｰﾄ中心からの高さで示す。

ｹﾞｰﾄ開度	管直径比換算（×D）				模型値（ｃｍ）			
	総水頭	距離	水面形		総水頭	距離	水面形	
(%)	H	L	平均水位	最高水位	Hm	Lm	平均水位	最高水位
10	9.9	1.8	-0.6607	-0.6429	276.9	50	-18.5	-18.0
		3.6	-1.0607	-1.0286		100	-29.7	-28.8
		5.4	-1.6295	-1.5696		150	-45.6	-44.0
		7.1	-2.3527	-2.2929		200	-65.9	-64.2
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	15.1	1.8	-0.6232	-0.5964	422.2	50	-17.5	-16.7
		3.6	-0.9357	-0.8893		100	-26.2	-24.9
		5.4	-1.3875	-1.3214		150	-38.9	-37.0
		7.1	-1.9241	-1.8304		200	-53.9	-51.3
		8.9	-2.5464	-2.4536		250	-71.3	-68.7
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	20.0	1.8	-0.6170	-0.6018	558.7	50	-17.3	-16.9
		3.6	-0.8804	-0.8250		100	-24.7	-23.1
		5.4	-1.2491	-1.1821		150	-35.0	-33.1
		7.1	-1.6973	-1.6214		200	-47.5	-45.4
		8.9	-2.2063	-2.1357		250	-61.8	-59.8
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-

※水面形はｹﾞｰﾄ中心からの高さで示す。

ｹﾞｰﾄ開度	管直径比換算（×D）				模型値（ｃｍ）			
	総水頭	距離	水面形		総水頭	距離	水面形	
(%)	H	L	平均水位	最高水位	Hm	Lm	平均水位	最高水位
20	10.0	1.8	-0.5777	-0.5679	262.7	50	-16.2	-15.9
		3.6	-0.9420	-0.8893		100	-26.4	-24.9
		5.4	-1.5125	-1.4179		150	-42.4	-39.7
		7.1	-2.2696	-2.1643		200	-63.6	-60.6
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	15.0	1.8	-0.5107	-0.4821	423.2	50	-14.3	-13.5
		3.6	-0.7866	-0.7161		100	-22.0	-20.1
		5.4	-1.2232	-1.1393		150	-34.3	-31.9
		7.1	-1.7009	-1.5875		200	-47.6	-44.5
		8.9	-2.3009	-2.1625		250	-64.4	-60.6
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	20.1	1.8	-0.5205	-0.5018	565.5	50	-14.6	-14.1
		3.6	-0.7589	-0.7036		100	-21.3	-19.7
		5.4	-1.0670	-0.9554		150	-29.9	-26.8
		7.1	-1.4973	-1.3786		200	-41.9	-38.6
		8.9	-1.9563	-1.8554		250	-54.8	-52.0
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-

付表－4 (2)　放流水脈上面の水面形測定結果（直線）

※水面形はｹﾞｰﾄ中心からの高さで示す。

ｹﾞｰﾄ開度	管直径比換算（×D）				模型値（ｃｍ）			
	総水頭	距離	水面形		総水頭	距離	水面形	
(%)	H	L	平均水位	最高水位	Hm	Lm	平均水位	最高水位
40	10.7	1.8	-0.3768	-0.3393	300.0	50	-10.6	-9.5
		3.6	-0.6884	-0.5589		100	-19.3	-15.7
		5.4	-1.2161	-1.0571		150	-34.1	-29.6
		7.1	-1.8732	-1.7250		200	-52.5	-48.3
		－	－	－		－	－	－
		－	－	－		－	－	－
		－	－	－		－	－	－
	16.1	1.8	-0.3304	-0.2643	449.4	50	-9.3	-7.4
		3.6	-0.6071	-0.4929		100	-17.0	-13.8
		5.4	-1.0098	-0.8625		150	-28.3	-24.2
		7.1	-1.5268	-1.3482		200	-42.8	-37.8
		8.9	-2.1330	-1.9286		250	-59.7	-54.0
		－	－	－		－	－	－
		－	－	－		－	－	－
	21.3	1.8	-0.3321	-0.2893	597.0	50	-9.3	-8.1
		3.6	-0.5929	-0.4982		100	-16.6	-14.0
		5.4	-0.9125	-0.7643		150	-25.6	-21.4
		7.1	-1.3250	-1.1500		200	-37.1	-32.2
		8.9	-1.8455	-1.6946		250	-51.7	-47.5
		－	－	－		－	－	－
		－	－	－		－	－	－

※水面形はｹﾞｰﾄ中心からの高さで示す。

ｹﾞｰﾄ開度	管直径比換算（×D）				模型値（ｃｍ）			
	総水頭	距離	水面形		総水頭	距離	水面形	
(%)	H	L	平均水位	最高水位	Hm	Lm	平均水位	最高水位
50	11.3	1.8	-0.3036	-0.2661	313.0	50	-8.5	-7.4
		3.6	-0.6384	-0.5607		100	-17.9	-15.7
		5.4	-1.1500	-1.0054		150	-32.2	-28.2
		7.1	-1.7750	-1.6607		200	-49.7	-46.5
		8.9	-2.4920	-2.4018		250	-69.8	-67.3
		－	－	－		－	－	－
		－	－	－		－	－	－
	15.9	1.8	-0.2384	-0.1875	478.7	50	-6.7	-5.3
		3.6	-0.5143	-0.4214		100	-14.4	-11.8
		5.4	-0.9250	-0.8500		150	-25.9	-23.8
		7.1	-1.4393	-1.3071		200	-40.3	-36.6
		8.9	-1.9339	-1.7536		250	-54.2	-49.1
		－	－	－		－	－	－
		－	－	－		－	－	－
	21.2	1.8	-0.2509	-0.2071	610.7	50	-7.0	-5.8
		3.6	-0.5027	-0.4304		100	-14.1	-12.1
		5.4	-0.8304	-0.7464		150	-23.3	-20.9
		7.1	-1.2589	-1.1821		200	-35.3	-33.1
		8.9	-1.7536	-1.6571		250	-49.1	-46.4
		－	－	－		－	－	－
		－	－	－		－	－	－

付表－4 (3)　放流水脈上面の水面形測定結果（直線）

※水面形はｹﾞｰﾄ中心からの高さで示す。

ｹﾞｰﾄ開度	管直径比換算（×D）				模型値（ｃｍ）			
	総水頭	距離	水面形		総水頭	距離	水面形	
(%)	H	L	平均水位	最高水位	Hm	Lm	平均水位	最高水位
60	12.9	1.8	-0.1705	-0.1250	361.1	50	-4.8	-3.5
		3.6	-0.4295	-0.3357		100	-12.0	-9.4
		5.4	-0.8857	-0.7589		150	-24.8	-21.3
		7.1	-1.3813	-1.2357		200	-38.7	-34.6
		8.9	-2.0732	-1.8893		250	-58.1	-52.9
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	18.6	1.8	-0.1107	-0.0446	521.9	50	-3.1	-1.3
		3.6	-0.3893	-0.3000		100	-10.9	-8.4
		5.4	-0.6839	-0.5607		150	-19.2	-15.7
		7.1	-1.1616	-1.0589		200	-32.5	-29.7
		8.9	-1.6768	-1.6000		250	-47.0	-44.8
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-
	23.1	1.8	-0.0973	-0.0304	647.9	50	-2.7	-0.8
		3.6	-0.3518	-0.2500		100	-9.8	-7.0
		5.4	-0.6027	-0.5018		150	-16.9	-14.1
		7.1	-0.9732	-0.7821		200	-27.3	-21.9
		8.9	-1.4866	-1.3643		250	-41.6	-38.2
		-	-	-		-	-	-
		-	-	-		-	-	-

※水面形はｹﾞｰﾄ中心からの高さで示す。

ｹﾞｰﾄ開度	管直径比換算（×D）				模型値（ｃｍ）			
	総水頭	距離	水面形		総水頭	距離	水面形	
(%)	H	L	平均水位	最高水位	Hm	Lm	平均水位	最高水位
80	13.8	1.8	0.0545	0.2089	532.7	50	1.5	5.8
		3.6	-0.0205	0.0857		100	-0.6	2.4
		5.4	-0.2688	-0.1589		150	-7.5	-4.4
		7.1	-0.6134	-0.4375		200	-17.2	-12.3
		8.9	-0.9857	-0.7464		250	-27.6	-20.9
		10.7	-1.4036	-1.1536		300	-39.3	-32.3
		-	-	-		-	-	-
	20.0	1.8	0.1625	0.2286	638.3	50	4.6	6.4
		3.6	0.0179	0.1250		100	0.5	3.5
		5.4	-0.1250	-0.0429		150	-3.5	-1.2
		7.1	-0.3929	-0.2429		200	-11.0	-6.8
		8.9	-0.6991	-0.4804		250	-19.6	-13.5
		10.7	-1.0893	-0.9536		300	-30.5	-26.7
		12.5	-1.4536	-1.1214		350	-40.7	-31.4
	26.2	1.8	0.1768	0.2571	761.3	50	5.0	7.2
		3.6	0.0107	0.1321		100	0.3	3.7
		5.4	-0.2241	-0.0875		150	-6.3	-2.4
		7.1	-0.4875	-0.3071		200	-13.7	-8.6
		8.9	-0.7232	-0.4500		250	-20.3	-12.6
		10.7	-1.1554	-0.9250		300	-32.4	-25.9
		12.5	-1.6482	-1.3696		350	-46.2	-38.4

付表－5 (1)　放流水脈側方の水面形測定結果（円弧）

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
3	10.0	主流の幅	0.1001	0.1279	0.1677					280.4	主流の幅	2.8	3.6	4.7				
		最 大 幅	0.2451	0.1799	0.2394						最 大 幅	6.9	5.0	6.7				
	14.7	主流の幅	0.0946	0.1216	0.1879	0.0942				411.2	主流の幅	2.7	3.4	5.3	2.6			
		最 大 幅	0.2256	0.2431	0.2345						最 大 幅	6.3	6.8	6.6				
	19.9	主流の幅	0.0877	0.0994	0.2102	0.0876				556.1	主流の幅	2.5	2.8	5.9	2.5			
		最 大 幅	0.2214	0.1867	0.2184						最 大 幅	6.2	5.2	6.1				

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
5	10.1	主流の幅	0.0757	0.0731	0.0731					281.4	主流の幅	2.1	2.0	2.0				
		最 大 幅	0.1769	0.2076	0.2794						最 大 幅	5.0	5.8	7.8				
	14.6	主流の幅	0.0752	0.1412	0.0857					407.9	主流の幅	2.1	4.0	2.4				
		最 大 幅	0.2165	0.2223	0.1997						最 大 幅	6.1	6.2	5.6				
	19.6	主流の幅	0.0777	0.1444	0.1260					549.7	主流の幅	2.2	4.0	3.5				
		最 大 幅	0.2455	0.2381	0.2631						最 大 幅	6.9	6.7	7.4				

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
10	9.9	主流の幅	0.1113	0.1071	0.0934	0.0825				276.1	主流の幅	3.1	3.0	2.6	2.3			
		最 大 幅	0.2615	0.9499							最 大 幅	7.3	26.6					
	14.9	主流の幅	0.1018	0.1631	0.1211	0.0926				418.5	主流の幅	2.8	4.6	3.4	2.6			
		最 大 幅	0.4983	0.6082							最 大 幅	14.0	17.0					
	19.8	主流の幅	0.1430	0.1002	0.1247	0.2918	0.1980			555.0	主流の幅	4.0	2.8	3.5	8.2	5.5		
		最 大 幅	0.2420	0.3164	0.6122						最 大 幅	6.8	8.9	17.1				

※）最大幅は飛沫を包線した場合を表す。

付表－5 (2)　放流水脈側方の水面形測定結果（円弧）

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	総水頭 H		管直径比換算（×D） 距離 L							総水頭 Hm		模型値（cm） 距離 Lm(cm)						
			1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500			50	100	150	200	250	300	350
20	10.0	主流の幅	0.2422	0.2119	0.2734	0.1933				281.2	主流の幅	6.8	5.9	7.7	5.4			
		最大幅	0.4695	0.5376							最大幅	13.1	15.1					
	15.0	主流の幅	0.3321	0.2908	0.2428	0.1625	0.1303			419.3	主流の幅	9.3	8.1	6.8	4.6	3.6		
		最大幅	0.4814	0.5713							最大幅	13.5	16.0					
	20.1	主流の幅	0.3262	0.2097	0.3607	0.2632	0.2837			561.9	主流の幅	9.1	5.9	10.1	7.4	7.9	4.7	
		最大幅	0.3262	0.6325							最大幅	9.1	17.7					

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	総水頭 H		管直径比換算（×D） 距離 L							総水頭 Hm		模型値（cm） 距離 Lm(cm)						
			1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500			50	100	150	200	250	300	350
40	10.4	主流の幅	1.2336	1.1876	0.9511	0.8434				290.7	主流の幅	34.5	33.3	26.6	23.6			
		最大幅									最大幅							
	15.6	主流の幅	1.1135	0.8937	0.9354	0.8287	0.5531			438.0	主流の幅	31.2	25.0	26.2	23.2	15.5		
		最大幅	1.2112	1.2518							最大幅	33.9	35.0					
	21.0	主流の幅	0.9532	0.9785	1.3046	1.3762	1.2532			589.2	主流の幅	26.7	27.4	36.5	38.5	35.1	19.3	
		最大幅	1.0177	1.2422							最大幅	28.5	34.8					

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	総水頭 H		管直径比換算（×D） 距離 L							総水頭 Hm		模型値（cm） 距離 Lm(cm)						
			1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500			50	100	150	200	250	300	350
50	11.3	主流の幅	1.3659	1.5115	1.3543	1.1272	1.1105			315.4	主流の幅	38.2	42.3	37.9	31.6	31.1		
		最大幅	1.5328	1.6326	1.7716	1.6507					最大幅	42.9	45.7	49.6	46.2			
	15.9	主流の幅	1.3753	1.5129	1.5166	1.5584	1.4400			445.5	主流の幅	38.5	42.4	42.5	43.6	40.3	20.2	
		最大幅	1.3753	1.5766	1.8826	1.9239	2.1045				最大幅	38.5	44.1	52.7	53.9	58.9		
	21.2	主流の幅	1.2852	1.4806	1.4562	1.4730	1.4821			593.7	主流の幅	36.0	41.5	40.8	41.2	41.5	39.4	
		最大幅	1.5369	1.8524	2.2127	2.2290	2.1635				最大幅	43.0	51.9	62.0	62.4	60.6		

※）最大幅は飛沫を包線した場合を表す。

付表－5 (3)　放流水脈側方の水面形測定結果（円弧）

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
60	11.3	主流の幅	1.4842	1.4686	1.8248	1.9033	1.5695			315.3	主流の幅	41.6	41.1	51.1	53.3	43.9		
		最 大 幅	1.8821								最 大 幅	52.7						
	17.5	主流の幅	1.6562	1.9070	1.8172	1.8396	1.8471			491.0	主流の幅	46.4	53.4	50.9	51.5	51.7	28.7	
		最 大 幅	1.9352								最 大 幅	54.2						
	22.1	主流の幅	1.6853	1.8981	1.9520	2.0291	2.0585			618.8	主流の幅	47.2	53.1	54.7	56.8	57.6	60.0	
		最 大 幅	2.0673								最 大 幅	57.9						

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
80	13.8	主流の幅	1.9218	1.9323	2.1180	2.1081	2.0184	2.0184		387.1	主流の幅	53.8	54.1	59.3	59.0	56.5	56.5	
		最 大 幅	2.1763								最 大 幅	60.9						
	20.0	主流の幅	1.9362	2.2247	2.3419	2.1119	2.3237	2.5993		559.0	主流の幅	54.2	62.3	65.6	59.1	65.1	72.8	
		最 大 幅	2.2766								最 大 幅	63.7						
	26.2	主流の幅	1.9535	2.1105	2.3933	2.4737	2.4069	2.2615		733.0	主流の幅	54.7	59.1	67.0	69.3	67.4	63.3	
		最 大 幅	2.3435								最 大 幅	65.6						

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
100	14.5	主流の幅	1.7582	1.9783	1.9219	2.1295	2.4159	2.0085		407.0	主流の幅	49.2	55.4	53.8	59.6	67.6	56.2	
		最 大 幅	1.7582	2.1333	2.3858	2.5994	3.1146	3.2109			最 大 幅	49.2	59.7	66.8	72.8	87.2	89.9	
	17.6	主流の幅	1.8763	2.1418	2.1415	2.1437	2.2876	2.3794	2.4398	492.2	主流の幅	52.5	60.0	60.0	60.0	64.1	66.6	68.3
		最 大 幅	2.0571	2.3937	2.7170	2.8947	2.7591	3.3767	3.3794		最 大 幅	57.6	67.0	76.1	81.1	77.3	94.5	94.6
	31.2	主流の幅	1.6397	1.9230	2.0082	1.9950	1.9255	1.9745	1.9724	873.7	主流の幅	45.9	53.8	56.2	55.9	53.9	55.3	55.2
		最 大 幅	1.6397	2.2474	2.7461	2.7793	2.4812	2.4716	2.4860		最 大 幅	45.9	62.9	76.9	77.8	69.5	69.2	69.6

※）最大幅は飛沫を包線した場合を表す。

付表－6 (1)　放流水脈側方の水面形測定結果（直線）

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
3	10.0	主流の幅	0.0837	0.1098	0.0671					280.0	主流の幅	2.3	3.1	1.9				
		最大幅	0.1712	0.2089							最大幅	4.8	5.8					
	15.0	主流の幅	0.1295	0.1892	0.1726	0.0760				420.0	主流の幅	3.6	5.3	4.8	2.1			
		最大幅	0.2447	0.2540							最大幅	6.9	7.1					
	20.0	主流の幅	0.0722	0.0908	0.0658	0.0675				560.0	主流の幅	2.0	2.5	1.8	1.9			
		最大幅	0.1537	0.3144							最大幅	4.3	8.8					

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
5	10.0	主流の幅	0.0875	0.0688	0.0541					281.2	主流の幅	2.4	1.9	1.5				
		最大幅	0.1790	0.1483	0.1633						最大幅	5.0	4.2	4.6				
	14.9	主流の幅	0.0800	0.0520	0.0610					418.0	主流の幅	2.2	1.5	1.7				
		最大幅	0.0800	0.2051	0.2198						最大幅	2.2	5.7	6.2				
	20.1	主流の幅	0.0418	0.0625	0.0965					561.9	主流の幅	1.2	1.8	2.7				
		最大幅	0.1405	0.1699	0.3388						最大幅	3.9	4.8	9.5				

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
10	9.9	主流の幅	0.1653	0.1369	0.1218	0.1198				276.9	主流の幅	4.6	3.8	3.4	3.4			
		最大幅	0.2887	0.2727							最大幅	8.1	7.6					
	15.1	主流の幅	0.2487	0.1411	0.1331	0.1140				422.2	主流の幅	7.0	4.0	3.7	3.2			
		最大幅	0.2720	0.2662							最大幅	7.6	7.5					
	20.0	主流の幅	0.2468	0.0889	0.0934	0.0810				558.7	主流の幅	6.9	2.5	2.6	2.3			
		最大幅	0.2468	0.2754	0.3883						最大幅	6.9	7.7	10.9				

※）最大幅は飛沫を包線した場合を表す。

付表－6 (2)　放流水脈側方の水面形測定結果（直線）

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
20	9.4	主流の幅	0.4691	0.4109	0.1865	0.2144				262.7	主流の幅	13.1	11.5	5.2	6.0			
		最大幅	0.6425	0.4875							最大幅	18.0	13.6					
	15.1	主流の幅	0.4570	0.3557	0.2700	0.2429				423.2	主流の幅	12.8	10.0	7.6	6.8			
		最大幅	0.5699	0.4961							最大幅	16.0	13.9					
	20.2	主流の幅	0.5384	0.3508	0.2767	0.1232				565.5	主流の幅	15.1	9.8	7.7	3.5			
		最大幅	0.8361	0.5554							最大幅	23.4	15.5					

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
40	10.7	主流の幅	1.6588	1.7795	1.6860	1.7126				300.0	主流の幅	46.4	49.8	47.2	48.0			
		最大幅									最大幅							
	16.1	主流の幅	1.7111	1.9565	2.1522	2.3829	2.3676			449.4	主流の幅	47.9	54.8	60.3	66.7	66.3		
		最大幅									最大幅							
	21.3	主流の幅	1.5738	1.7422	1.8823	1.9725	1.8072			597.0	主流の幅	44.1	48.8	52.7	55.2	50.6	53.6	
		最大幅									最大幅							

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
50	11.2	主流の幅	1.9364	2.1842	2.1078	2.3542	2.2578			313.0	主流の幅	54.2	61.2	59.0	65.9	63.2		
		最大幅	2.5237	2.7903							最大幅	70.7	78.1					
	17.1	主流の幅	1.9255	1.9129	2.0214	2.1561	2.1978			478.7	主流の幅	53.9	53.6	56.6	60.4	61.5	62.0	
		最大幅	2.3207	2.3897							最大幅	65.0	66.9					
	21.8	主流の幅	2.1226	2.4429	2.6288	2.6723	2.7571			610.7	主流の幅	59.4	68.4	73.6	74.8	77.2	78.4	
		最大幅	2.3083	2.5937							最大幅	64.6	72.6					

付表－6 (3)　放流水脈側方の水面形測定結果（直線）

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
60	12.9	主流の幅	1.9454	2.2246	2.2925	2.0373	2.1272			361.1	主流の幅	54.5	62.3	64.2	57.0	59.6		
		最大幅	2.8031								最大幅	78.5						
	18.6	主流の幅	2.0326	2.3800	2.3881	2.5601	2.6725			521.9	主流の幅	56.9	66.6	66.9	71.7	74.8	76.3	
		最大幅	2.9480								最大幅	82.5						
	23.1	主流の幅	1.8691	2.0505	2.4300	2.5830	2.8178			647.9	主流の幅	52.3	57.4	68.0	72.3	78.9	78.6	
		最大幅	2.3784								最大幅	66.6						

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	管直径比換算 (×D) 総水頭 H		距離 L 1.7857	3.5714	5.3571	7.1429	8.9286	10.714	12.500	模型値 (cm) 総水頭 Hm		距離 Lm(cm) 50	100	150	200	250	300	350
80	19.0	主流の幅	1.9103	2.0289	2.1706	2.1706	2.1078	2.1078		532.7	主流の幅	53.5	56.8	60.8	60.8	59.0	59.0	
		最大幅	3.9022								最大幅	109.3						
	22.8	主流の幅	1.8704	2.3942	2.2982	2.2982	2.3931	2.3931		638.3	主流の幅	52.4	67.0	64.4	64.4	67.0	67.0	
		最大幅	3.3336								最大幅	93.3						
	27.2	主流の幅	1.8869	2.2026	2.5055	2.5878	2.6620	2.7353		761.3	主流の幅	52.8	61.7	70.2	72.5	74.5	76.6	
		最大幅	2.2512								最大幅	63.0						

付表－7 (1)　ゲート作用圧力と Cd（円弧）

ｹﾞｰﾄ開度								ゲート作用圧力〔模型値（cm）〕					
	総水頭	測点高	測点距離　X					総水頭	測点高	測点距離　Xm			
(%)	H	Y	0.4286	0.3214	0.2143	0.1071	0.000	Hm	Ym	12	9	6	3	0
5	9.9	1.0893			0.002	0.003	0.001	277.6	30.5			276.9	276.7	277.4
		0.9107	0.003	0.002	0.004	0.004	0.002		25.5	276.8	277.0	276.5	276.6	277.2
		0.7321	0.002	0.002	0.003	0.004	0.001		20.5	276.9	277.0	276.9	276.5	277.2
		0.5714	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002		16.0	276.9	277.0	276.9	276.8	277.0
		0.4643	0.002	0.003	0.003	0.003	0.001		13.0	276.9	276.8	276.7	276.7	277.2
		0.3571		0.003	0.004	0.004	0.004		10.0		276.7	276.5	276.4	276.6
		0.2500			0.006	0.018	0.032		7.0			275.8	272.5	268.8
		0.1429							4.0					
	15.0	1.0893			0.003	0.003	0.001	421.2	30.5			420.2	420.0	420.8
		0.9107	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001		25.5	420.6	420.1	420.0	420.5	420.9
		0.7321	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001		20.5	420.6	420.1	420.0	420.5	420.9
		0.5714	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001		16.0	420.2	420.1	420.0	420.5	420.9
		0.4643	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002		13.0	420.4	419.9	420.0	420.4	420.5
		0.3571		0.003	0.004	0.003	0.003		10.0		420.0	419.7	420.0	420.1
		0.2500			0.006	0.010	0.035		7.0			418.7	417.0	406.5
		0.1429							4.0					
	20.2	1.0893			-0.001	-0.002	-0.001	564.6	30.5			564.9	565.5	565.3
		0.9107	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001		25.5	564.8	565.2	565.1	565.4	565.3
		0.7321	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001		20.5	565.0	565.2	565.3	565.3	565.3
		0.5714	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	-0.001		16.0	565.0	565.2	565.3	565.4	565.2
		0.4643	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001		13.0	565.0	565.2	565.3	565.3	565.2
		0.3571		-0.001	-0.001	0.000	0.001		10.0		565.2	565.2	564.8	564.1
		0.2500			0.000	0.013	0.026		7.0			564.3	557.3	550.0
		0.1429							4.0					

付表－7 (2)　ゲート作用圧力と Cd（円弧）

ｹﾞｰﾄ開度								ゲート作用圧力〔模型値（cm）〕					
	総水頭	測点高	測点距離　X					総水頭	測点高	測点距離　Xm			
(%)	H	Y	0.4286	0.3214	0.2143	0.1071	0.000	Hm	Ym	12	9	6	3	0
10	10.0	1.0893				0.000	0.002	278.9	30.5				279.0	278.4
		0.9107		0.001	0.001	-0.001	0.001		25.5		278.7	278.5	279.2	278.7
		0.7321	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003		20.5	279.0	278.7	278.8	279.0	278.2
		0.5714	0.000	-0.003	0.000	0.000	0.002		16.0	279.0	279.6	278.8	279.0	278.4
		0.4643	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001		13.0	278.9	278.4	278.4	278.4	278.5
		0.3571	0.001	0.002	0.002	0.005	0.007		10.0	278.5	278.2	278.3	277.4	276.8
		0.2500		0.004	0.019	0.051	0.069		7.0		277.7	273.7	264.7	259.6
		0.1429							4.0					
	14.9	1.0893				0.001	0.002	418.2	30.5				417.6	417.3
		0.9107		0.002	0.002	0.002	0.001		25.5		417.5	417.5	417.6	417.8
		0.7321	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001		20.5	417.2	417.5	417.4	417.6	417.7
		0.5714	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002		16.0	417.1	417.6	417.3	417.4	417.3
		0.4643	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003		13.0	417.1	417.5	417.1	417.4	417.2
		0.3571	0.003	0.003	0.004	0.007	0.008		10.0	416.9	417.2	416.4	415.2	414.8
		0.2500		0.004	0.019	0.050	0.069		7.0		416.4	410.5	397.3	389.3
		0.1429							4.0					
	19.9	1.0893				0.001	-0.001	558.3	30.5				558.0	558.9
		0.9107		0.000	0.000	0.000	-0.001		25.5		558.3	558.4	558.4	558.7
		0.7321	0.002	0.000	-0.001	0.000	-0.001		20.5	557.4	558.1	558.7	558.6	559.0
		0.5714	0.002	0.000	0.000	0.000	-0.001		16.0	557.2	558.2	558.4	558.4	558.6
		0.4643	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001		13.0	557.3	557.8	557.7	557.7	557.6
		0.3571	0.002	0.002	0.003	0.005	0.007		10.0	557.0	557.3	556.5	555.3	554.6
		0.2500		0.003	0.018	0.049	0.067		7.0		556.7	548.4	531.1	520.7
		0.1429							4.0					

付表－7 (3)　ゲート作用圧力と Cd（円弧）

ｹﾞｰﾄ開度								ゲート作用圧力〔模型値（cm）〕						
	総水頭	測点高	測点距離　X					総水頭	測点高	測点距離　Xm				
(%)	H	Y	0.4286	0.3214	0.2143	0.1071	0.000	Hm	Ym	12	9	6	3	0
20	9.9	1.0893						277.4	30.5					
		0.9107		0.003	0.004	0.003	0.001		25.5		276.5	276.4	276.7	277.1
		0.7321	0.003	0.004	0.003	0.000	-0.001		20.5	276.5	276.4	276.7	277.4	277.8
		0.5714	0.004	0.004	0.001	0.000	-0.001		16.0	276.3	276.4	277.1	277.4	277.6
		0.4643	0.005	0.007	0.004	0.003	0.003		13.0	276.0	275.6	276.4	276.6	276.6
		0.3571	0.008	0.011	0.013	0.015	0.017		10.0	275.2	274.4	273.9	273.2	272.8
		0.2500	0.014	0.023	0.052	0.094	0.122		7.0	273.5	270.9	263.1	251.3	243.7
		0.1429							4.0					
	15.1	1.0893						421.5	30.5					
		0.9107		0.002	0.001	0.004	0.004		25.5		420.5	421.0	419.8	419.8
		0.7321	0.004	0.003	0.001	0.002	0.002		20.5	419.8	420.3	421.1	420.8	420.5
		0.5714	0.006	0.003	0.002	0.002	0.002		16.0	419.1	420.2	420.7	420.5	420.7
		0.4643	0.006	0.005	0.004	0.003	0.006		13.0	419.1	419.5	419.8	420.2	419.0
		0.3571	0.008	0.010	0.014	0.018	0.019		10.0	417.9	417.4	415.7	414.0	413.5
		0.2500	0.012	0.025	0.050	0.101	0.126		7.0	416.3	410.8	400.3	378.8	368.4
		0.1429							4.0					
	20.0	1.0893						561.2	30.5					
		0.9107		0.001	0.001	0.000	0.000		25.5		560.6	560.5	561.2	561.1
		0.7321	0.002	0.000	0.000	-0.001	-0.002		20.5	560.3	561.0	561.2	561.9	562.5
		0.5714	0.003	0.000	0.000	-0.001	-0.002		16.0	559.7	561.3	561.4	561.7	562.6
		0.4643	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001		13.0	558.9	560.2	560.8	560.5	560.7
		0.3571	0.005	0.006	0.010	0.014	0.016		10.0	558.3	557.9	555.4	553.4	552.0
		0.2500	0.009	0.020	0.047	0.097	0.120		7.0	556.0	549.8	534.9	506.9	493.6
		0.1429							4.0					

付表－7 (4)　ゲート作用圧力と Cd（円弧）

ｹﾞｰﾄ開度								ゲート作用圧力〔模型値（cm）〕						
	総水頭	測点高	測点距離					総水頭	測点高	測点距離　Xm				
(%)	H	Y	0.4286	0.3214	0.2143	0.1071	0.000	Hm	Ym	12	9	6	3	0
40	10.3	1.0893						288.8	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321			0.014	0.014	0.015		20.5			284.7	284.6	284.4
		0.5714	0.012	0.020	0.012	0.000	0.002		16.0	285.2	283.0	285.3	288.7	288.1
		0.4643	0.021	0.017	0.006	-0.002	0.001		13.0	282.6	283.8	287.2	289.3	288.5
		0.3571	0.027	0.021	0.015	0.018	0.019		10.0	281.1	282.8	284.4	283.7	283.3
		0.2500	0.046	0.049	0.075	0.192	0.161		7.0	275.6	274.5	267.2	233.3	242.4
		0.1429	0.117						4.0	255.1				
	15.5	1.0893						435.0	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321			0.012	0.013	0.012		20.5			429.9	429.5	429.6
		0.5714	0.009	0.013	0.009	0.004	-0.002		16.0	431.1	429.3	431.2	433.4	436.0
		0.4643	0.017	0.010	0.006	0.001	-0.003		13.0	427.5	430.5	432.3	434.5	436.5
		0.3571	0.023	0.012	0.013	0.018	0.016		10.0	425.1	430.0	429.4	427.3	428.1
		0.2500	0.043	0.046	0.073	0.131	0.159		7.0	416.2	415.2	403.2	377.9	365.8
		0.1429	0.104						4.0	389.8				
	20.5	1.0893						573.3	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321			0.020	0.021	0.017		20.5			562.1	561.1	563.3
		0.5714	0.019	0.022	0.015	0.010	0.008		16.0	562.6	560.5	564.7	567.7	568.8
		0.4643	0.028	0.020	0.010	0.008	0.005		13.0	557.4	561.6	567.5	568.6	570.2
		0.3571	0.034	0.022	0.020	0.023	0.025		10.0	554.0	560.8	561.6	560.0	559.2
		0.2500	0.041	0.051	0.072	0.129	-0.007		7.0	549.7	544.3	532.1	499.1	577.1
		0.1429	0.076						4.0	529.9				

付表－7 (5)　ゲート作用圧力と Cd（円弧）

ｹﾞｰﾄ開度								ゲート作用圧力〔模型値（cm）〕						
	総水頭	測点高	測点距離　X					総水頭	測点高	測点距離　Xm				
(%)	H	Y	0.4286	0.3214	0.2143	0.1071	0.000	Hm	Ym	12	9	6	3	0
50	10.7	1.0893						300.8	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321							20.5					
		0.5714		0.020	0.022	0.016	0.012		16.0		294.7	294.3	296.1	297.1
		0.4643	0.017	0.029	-0.002	0.000	-0.009		13.0	295.7	292.1	301.4	300.9	303.6
		0.3571	0.038	0.019	0.001	0.012	0.006		10.0	289.6	295.2	300.6	297.4	299.2
		0.2500	0.045	0.047	0.062	0.116	0.145		7.0	287.2	286.7	282.1	266.1	257.1
		0.1429	0.112						4.0	267.3				
	15.9	1.0893						445.7	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321							20.5					
		0.5714		0.021	0.029	0.016	0.010		16.0		436.4	433.0	438.8	441.2
		0.4643	0.020	0.028	0.013	0.000	-0.006		13.0	436.8	433.4	439.8	445.7	448.6
		0.3571	0.038	0.020	0.011	0.007	0.005		10.0	428.9	436.9	440.7	442.6	443.4
		0.2500	0.052	0.043	0.060	0.120	0.150		7.0	422.5	426.5	419.1	392.2	378.8
		0.1429	0.108						4.0	397.7				
	20.2	1.0893						564.3	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321							20.5					
		0.5714		0.021	0.028	0.017	0.014		16.0		552.4	548.4	554.9	556.4
		0.4643	0.020	0.026	0.011	0.003	-0.004		13.0	553.1	549.4	558.1	562.4	566.3
		0.3571	0.035	0.029	0.007	0.009	0.012		10.0	544.4	547.9	560.2	559.3	557.3
		0.2500	0.058	0.040	0.059	0.116	0.154		7.0	531.4	541.6	531.2	498.9	477.3
		0.1429	0.102						4.0	506.7				

付表－7 (6)　ゲート作用圧力と Cd（円弧）

ｹﾞｰﾄ開度								ゲート作用圧力〔模型値（cm）〕					
	総水頭	測点高	測点距離　X					総水頭	測点高	測点距離　Xm			
(%)	H	Y	0.4286	0.3214	0.2143	0.1071	0.000	Hm	Ym	12	9	6	3	0
60	12.5	1.0893						350.1	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321							20.5					
		0.5714			0.042	0.058	0.059		16.0			335.4	329.7	329.7
		0.4643		0.055	0.049	0.036	0.033		13.0		331.0	333.2	337.6	338.7
		0.3571	0.053	0.047	0.024	0.022	0.018		10.0	331.7	333.7	341.9	342.4	343.9
		0.2500	0.080	0.051	0.060	0.110	0.146		7.0	322.2	332.5	329.1	311.7	299.0
		0.1429	0.118						4.0	308.7				
	17.6	1.0893						491.9	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321							20.5					
		0.5714			0.039	0.047	0.046		16.0			472.6	468.7	469.1
		0.4643		0.055	0.050	0.023	0.016		13.0		464.9	467.3	480.6	484.0
		0.3571	0.058	0.052	0.030	0.017	0.018		10.0	463.5	466.1	477.0	483.7	483.3
		0.2500	0.077	0.056	0.061	0.104	0.136		7.0	453.9	464.5	462.2	440.8	424.9
		0.1429	0.119						4.0	433.4				
	20.5	1.0893						574.3	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321							20.5					
		0.5714			0.070	0.048	0.045		16.0			534.0	546.6	548.7
		0.4643		0.055	0.054	0.028	0.019		13.0		542.7	543.4	558.4	563.3
		0.3571	0.056	0.050	0.029	0.012	0.042		10.0	541.9	545.5	557.4	567.4	550.2
		0.2500	0.076	0.055	0.060	0.095	0.133		7.0	530.9	542.8	539.9	519.8	497.8
		0.1429	0.114						4.0	508.7				

付表－7 (7)　ゲート作用圧力と Cd（円弧）

ｹﾞｰﾄ開度								ゲート作用圧力〔模型値（cm）〕						
	総水頭	測点高	測点距離　X					総水頭	測点高	測点距離　Xm				
(%)	H	Y	0.4286	0.3214	0.2143	0.1071	0.000	Hm	Ym	12	9	6	3	0
70	13.4	1.0893						376.1	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321							20.5					
		0.5714							16.0					
		0.4643			0.072	0.071	0.076		13.0			349.2	349.2	347.5
		0.3571		0.093	0.063	0.049	0.040		10.0		341.2	352.4	357.7	361.0
		0.2500	0.102	0.089	0.065	0.087	0.170		7.0	337.7	342.7	351.6	343.3	312.2
		0.1429	0.167						4.0	313.4				
	19.1	1.0893						534.8	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321							20.5					
		0.5714							16.0					
		0.4643			0.069	0.073	0.075		13.0			497.8	495.8	494.6
		0.3571		0.086	0.065	0.046	0.036		10.0		488.6	500.0	510.3	515.5
		0.2500	0.096	0.078	0.064	0.085	0.116		7.0	483.3	493.2	500.8	489.6	472.7
		0.1429	0.160						4.0	449.4				
	20.5	1.0893						573.6	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321							20.5					
		0.5714							16.0					
		0.4643			0.064	0.064	0.065		13.0			537.1	536.8	536.4
		0.3571		0.070	0.058	0.035	0.025		10.0		533.7	540.5	553.7	559.2
		0.2500	0.090	0.071	0.058	0.078	0.111		7.0	521.7	533.0	540.5	528.9	510.2
		0.1429	0.158						4.0	482.7				

付表－7 (8)　ゲート作用圧力と Cd（円弧）

ｹﾞｰﾄ開度								ゲート作用圧力〔模型値（cm）〕						
	総水頭	測点高	測点距離　X					総水頭	測点高	測点距離　Xm				
(%)	H	Y	0.4286	0.3214	0.2143	0.1071	0.000	Hm	Ym	12	9	6	3	0
80	14.8	1.0893						415.5	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321							20.5					
		0.5714							16.0					
		0.4643							13.0					
		0.3571							10.0					
		0.2500		0.096	0.068	0.063	0.093		7.0		375.6	387.2	389.6	377.1
		0.1429	0.186						4.0	338.4				
	18.7	1.0893						523.4	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321							20.5					
		0.5714							16.0					
		0.4643							13.0					
		0.3571							10.0					
		0.2500		0.109	0.071	0.070	0.098		7.0		466.6	486.2	486.9	472.0
		0.1429	0.193						4.0	422.4				
	21.5	1.0893						603.1	30.5					
		0.9107							25.5					
		0.7321							20.5					
		0.5714							16.0					
		0.4643							13.0					
		0.3571							10.0					
		0.2500		0.100	0.068	0.072	0.106		7.0		542.6	562.4	559.8	539.5
		0.1429	0.195						4.0	485.4				

付表－８　空気管上下流端の風速測定結果（円弧：模型値）

管直径：D=0.14m

ｹﾞｰﾄ開度 (%)	総水頭 (D)	断面	空気量(m^3/s)		風速(m/s)									
					測点①		測点②		測点③		測点④		測点⑤	
			平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大
20	20	上流端	0.0095	0.0105	0.63	0.68	0.94	0.97	1.08	1.13	1.10	1.16	1.07	1.50
		下流端	0.0057	0.0075	0.46	0.76	0.64	0.84	0.59	0.80	0.62	0.69	0.56	0.75
	27.5	上流端	0.0147	0.0167	0.97	1.30	1.47	1.60	1.79	2.16	1.70	1.77	1.39	1.54
		下流端	0.0100	0.0127	1.02	1.27	1.00	1.15	1.42	2.13	0.89	1.01	0.66	0.76
40	20	上流端	0.0177	0.0185	0.85	0.98	1.76	1.80	2.14	2.20	2.22	2.35	1.81	1.88
		下流端	0.0141	0.0170	1.29	1.45	1.35	1.96	1.61	1.77	1.54	1.87	1.42	1.51
	27.5	上流端	0.0228	0.0247	1.63	1.81	2.26	2.34	2.62	2.96	2.77	2.86	2.16	2.50
		下流端	0.0231	0.0314	2.08	2.28	2.44	2.61	2.21	2.64	2.58	4.79	2.58	3.76
50	20	上流端	0.0225	0.0237	1.73	1.80	2.28	2.37	2.54	2.64	2.70	2.84	2.04	2.28
		下流端	0.0205	0.0273	1.75	2.17	2.31	2.40	1.99	2.21	1.81	3.36	2.90	4.30
	27.5	上流端	0.0285	0.0308	1.90	2.22	2.88	3.09	3.19	3.30	3.46	3.75	2.90	3.20
		下流端	0.0256	0.0347	4.33	6.30	3.65	5.50	2.38	3.02	1.60	1.75	1.46	1.62
60	20	上流端	0.0267	0.0287	2.03	2.22	2.68	2.96	2.89	3.13	3.34	3.51	2.45	2.62
		下流端	0.0204	0.0233	2.45	2.68	2.65	3.10	2.30	2.70	1.74	1.92	1.16	1.32
	27.5	上流端	0.0313	0.0332	2.12	2.23	2.97	3.25	3.51	3.74	3.78	3.93	3.44	3.61
		下流端	0.0318	0.0409	6.20	8.90	3.80	4.26	2.50	2.88	2.22	3.26	2.48	3.17
80	20	上流端	0.0251	0.0269	1.64	1.77	2.48	2.60	2.95	3.14	3.22	3.39	2.18	2.49
		下流端	0.0264	0.0364	3.31	3.75	3.23	3.81	3.57	6.70	1.34	1.45	2.17	2.51
	27.5	上流端	0.0295	0.0324	1.54	2.01	3.08	3.39	3.56	3.95	3.09	3.30	3.60	3.72
		下流端	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
100	20	上流端	0.0393	0.0414	3.51	3.73	4.06	4.30	4.90	5.20	4.18	4.33	3.02	3.21
		下流端	0.0287	0.0356	2.92	3.98	2.46	2.80	3.42	4.34	3.10	3.98	2.86	3.17
	27.5	上流端	0.0647	0.0719	5.30	5.50	6.40	8.10	7.50	8.20	7.90	8.40	5.30	5.50
		下流端	0.0456	0.0533	4.09	5.30	4.55	4.93	5.00	5.50	5.00	6.10	4.65	5.70

付表－9　空気管上下流端の風速測定結果（直線：模型値）

管直径：D=0.14m

ゲート開度(%)	総水頭(D)	断面	空気量(cm3/s)		風速(m/s)									
					測点①		測点②		測点③		測点④		測点⑤	
			平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大
20	27.5	上流端	0.0149	0.0157	0.99	1.04	1.50	1.58	1.70	1.80	1.84	1.91	1.40	1.54
		下流端	0.0086	0.0104	1.05	1.29	1.20	1.38	0.77	1.10	0.77	0.84	0.59	0.70
40	27.5	上流端	0.0253	0.0270	1.59	1.70	2.70	2.87	2.78	2.90	3.13	3.30	2.43	2.79
		下流端	0.0213	0.0247	2.08	2.47	2.53	2.74	2.43	2.87	1.78	2.13	2.08	2.47
50	27.5	上流端	0.0214	0.0233	1.25	1.43	2.23	2.28	2.46	2.69	2.58	2.88	2.15	2.38
		下流端	0.0200	0.0251	1.47	1.73	2.76	3.71	2.52	3.34	1.81	2.03	1.27	1.39
60	27.5	上流端	0.0191	0.0215	1.16	1.35	1.83	2.38	2.17	2.22	2.43	2.65	1.95	2.16
		下流端	0.0215	0.0266	1.67	2.04	1.63	2.26	2.41	3.03	2.96	3.50	2.24	2.59
80	27.5	上流端	0.0232	0.0248	1.65	1.86	2.25	2.42	2.66	2.78	2.75	2.82	2.36	2.73
		下流端	0.0196	0.0256	1.17	1.60	1.47	2.12	2.43	3.50	2.38	2.79	2.56	2.87
100	27.5	上流端	0.0647	0.0719	5.30	5.50	6.40	8.10	7.50	8.20	7.90	8.40	5.30	5.50
		下流端	0.0456	0.0533	4.09	5.30	4.55	4.93	5.00	5.50	5.00	6.10	4.65	5.70

付表－10 (1)　トンネル内及びトンネル出口の風速測定結果（円弧：模型値）

管直径:D=0.14m

G=20%

ゲート開度 (%)	総水頭 (D)	空気量 平均 [m^3/s]	空気量 最大 [m^3/s]	測定断面の水深 [m]	流積 [m^2/s]	測定位置	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 平均	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 最大	中心 測点座標(m) 水平(X)	中心 測点座標(m) 鉛直(Y)	中心 流速(m/s) 平均	中心 流速(m/s) 最大	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 平均	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 最大
20	20	0.0217	0.0296	0.015	0.0900	中間	-0.1	0.114	0.12	0.16	0	0.135	0.32	0.38	0.1	0.114	0.10	0.17
							-0.1	0.049	0.20	0.27	0	0.055	0.38	0.43	0.1	0.054	0.14	0.27
							-0.1	-0.016	0.20	0.33	0	-0.025	0.36	0.38	0.1	-0.006	0.19	0.24
							-0.1	-0.082	0.38	0.54	0	-0.105	0.30	0.47	0.1	-0.066	0.21	0.31
		0.0060	0.0103			出口	-0.1	0.114	0.01	0.01	0	0.135	0.04	0.06	0.1	0.114	0.01	0.02
							-0.1	0.047	0.01	0.05	0	0.056	0.06	0.17	0.1	0.044	0.10	0.20
							-0.1	-0.019	0.06	0.11	0	-0.022	0.06	0.10	0.1	-0.026	0.04	0.06
							-0.1	-0.086	0.22	0.30	0	-0.101	0.10	0.16	0.1	-0.096	0.09	0.14
	27.5	0.0331	0.0414	0.020	0.0884	中間	-0.1	0.114	0.28	0.57	0	0.135	0.37	0.41	0.1	0.114	0.36	0.50
							-0.1	0.046	0.13	0.16	0	0.058	0.51	0.56	0.1	0.042	0.32	0.39
							-0.1	-0.022	0.37	0.43	0	-0.018	0.52	0.62	0.1	-0.030	0.47	0.61
							-0.1	-0.090	0.38	0.45	0	-0.095	0.33	0.38	0.1	-0.102	0.45	0.54
		0.0060	0.0108			出口	-0.1	0.114	0.05	0.09	0	0.135	0.04	0.08	0.1	0.114	0.01	0.05
							-0.1	0.049	0.04	0.05	0	0.057	0.02	0.06	0.1	0.051	0.05	0.10
							-0.1	-0.016	0.01	0.03	0	-0.022	0.03	0.06	0.1	-0.012	0.06	0.12
							-0.1	-0.081	0.29	0.36	0	-0.100	0.12	0.20	0.1	-0.076	0.10	0.26

①流積[m^2/s]:測定断面の水深から求めた流水断面積をトンネル断面積から差し引いた値

②測定位置

中間:　トンネル内[ゲートから493cm(35.2D、測線C)]

出口:　トンネル出口

付表－10 (2)　トンネル内及びトンネル出口の風速測定結果（円弧：模型値）

管直径:D＝0.14m　　G=40%

ゲート開度 (%)	総水頭 (D)	空気量 平均 [m^3/s]	空気量 最大 [m^3/s]	測定断面の水深 [m]	流積 [m^2/s]	測定位置	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 平均	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 最大	中心 測点座標(m) 水平(X)	中心 測点座標(m) 鉛直(Y)	中心 流速(m/s) 平均	中心 流速(m/s) 最大	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 平均	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 最大
40	20	0.0501	0.0612	0.033	0.0844	中間	-0.1	11.36	0.42	0.49	0	13.50	0.51	0.62	0.1	11.36	0.39	0.66
							-0.1	4.76	0.52	0.68	0	6.30	0.63	0.72	0.1	5.36	0.39	0.55
							-0.1	-1.84	0.77	0.90	0	-0.90	0.79	0.92	0.1	-0.64	0.69	0.77
							-0.1	-8.44	0.55	0.72	0	-8.10	0.88	1.00	0.1	-6.64	0.59	0.67
		0.0183	0.0224			出口	-0.1	11.36	0.05	0.07	0	13.50	0.06	0.08	0.1	11.36	0.18	0.25
							-0.1	5.46	0.15	0.18	0	6.50	0.14	0.17	0.1	5.46	0.33	0.38
							-0.1	-0.34	0.23	0.33	0	-0.50	0.31	0.36	0.1	-0.34	0.43	0.44
							-0.1	-6.24	0.41	0.50	0	-7.50	0.21	0.24	0.1	-6.24	0.11	0.19
	27.5	0.0778	0.0979	0.030	0.0853	中間	-0.1	11.36	0.86	1.15	0	13.50	0.99	1.10	0.1	11.36	0.55	0.70
							-0.1	4.86	0.76	0.97	0	6.20	1.13	1.20	0.1	4.96	0.54	0.75
							-0.1	-1.64	0.70	0.89	0	-1.20	1.13	1.28	0.1	-1.54	1.02	1.59
							-0.1	-8.14	1.00	1.29	0	-8.50	1.38	1.60	0.1	-7.94	0.88	1.25
		0.0235	0.0296			出口	-0.1	11.36	0.12	0.15	0	13.50	0.12	0.23	0.1	11.36	0.34	0.40
							-0.1	5.46	0.27	0.35	0	7.00	0.31	0.37	0.1	5.86	0.20	0.23
							-0.1	-0.54	0.24	0.33	0	0.50	0.34	0.39	0.1	0.36	0.39	0.43
							-0.1	-6.44	0.19	0.31	0	-6.10	0.43	0.49	0.1	-5.14	0.36	0.48

①流積[m^2/s]:測定断面の水深から求めた流水断面積をトンネル断面積から差し引いた値
②測定位置
　中間:　　トンネル内[ゲートから493cm(35.2D、測線C)]
　出口:　　トンネル出口

付表－10 (3)　トンネル内及びトンネル出口の風速測定結果（円弧：模型値）

管直径:D=0.14m

G=50%

ゲート開度 (%)	総水頭 (D)	空気量 平均 [m^3/s]	空気量 最大 [m^3/s]	測定断面の水深 [m]	流積 [m^2/s]	測定断面	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 平均	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 最大	中心 測点座標(m) 水平(X)	中心 測点座標(m) 鉛直(Y)	中心 流速(m/s) 平均	中心 流速(m/s) 最大	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 平均	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 最大
50	20	0.0675	0.0800	0.038	0.0828	中間	-0.1	11.36	0.72	0.89	0	13.50	0.88	1.07	0.1	11.36	0.63	0.88
							-0.1	4.86	0.81	1.10	0	6.10	0.98	1.05	0.1	5.56	0.59	0.73
							-0.1	-1.64	0.93	1.15	0	-1.30	1.14	1.24	0.1	-0.34	0.77	0.88
							-0.1	-8.14	0.80	0.94	0	-8.70	0.85	0.91	0.1	-6.14	0.69	0.76
		0.0241	0.0292			出口	-0.1	11.36	0.21	0.26	0	13.50	0.11	0.14	0.1	11.36	0.35	0.48
							-0.1	5.06	0.24	0.27	0	7.20	0.17	0.21	0.1	5.86	0.39	0.42
							-0.1	-1.34	0.27	0.32	0	0.80	0.46	0.49	0.1	0.36	0.17	0.20
							-0.1	-7.64	0.49	0.62	0	-5.50	0.41	0.46	0.1	-5.14	0.23	0.36
	27.5	0.0999	0.1238	0.040	0.0821	中間	-0.1	11.36	1.39	1.73	0	13.50	1.31	1.42	0.1	11.36	0.97	1.15
							-0.1	5.06	0.93	1.04	0	7.00	1.39	1.63	0.1	5.06	1.05	1.30
							-0.1	-1.34	0.93	1.17	0	0.50	1.50	1.59	0.1	-1.34	0.98	1.28
							-0.1	-7.64	1.26	1.73	0	-6.00	1.73	2.64	0.1	-7.64	1.15	1.40
		0.0272	0.0321			出口	-0.1	11.36	0.21	0.26	0	13.50	0.20	0.24	0.1	11.36	0.51	0.57
							-0.1	5.66	0.34	0.38	0	7.70	0.38	0.43	0.1	6.66	0.27	0.40
							-0.1	0.06	0.35	0.38	0	1.80	0.53	0.60	0.1	2.06	0.24	0.28
							-0.1	-5.64	0.33	0.41	0	-4.00	0.46	0.48	0.1	-2.64	0.16	0.26

①流積[m^2/s]:測定断面の水深から求めた流水断面積をトンネル断面積から差し引いた値

②測定位置

中間:　トンネル内[ゲートから493cm(35.2D、測線C)]

出口:　トンネル出口

付表－10 (4)　トンネル内及びトンネル出口の風速測定結果（円弧：模型値）

管直径:D＝0.14m　　G=60%

ゲート開度 (%)	総水頭 (D)	空気量 平均 [m^3/s]	空気量 最大 [m^3/s]	測定断面の水深 [m]	流積 [m^2/s]	測定断面	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 水平(X)	鉛直(Y)	流速(m/s) 平均	最大	中心 測点座標(m) 水平(X)	鉛直(Y)	流速(m/s) 平均	最大	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 水平(X)	鉛直(Y)	流速(m/s) 平均	最大
60	20	0.0780	0.0988	0.044	0.0808	中間	-0.1	11.36	1.06	1.19	0	13.50	1.02	1.30	0.1	11.36	0.78	1.05
							-0.1	5.36	0.73	0.98	0	7.20	1.21	1.31	0.1	5.26	0.62	0.71
							-0.1	-0.64	0.87	1.03	0	0.80	1.20	1.40	0.1	-0.94	0.77	0.99
							-0.1	-6.64	1.08	1.32	0	-5.50	1.26	2.03	0.1	-7.04	0.98	1.36
		0.0294	0.0340			出口	-0.1	11.36	0.15	0.18	0	13.50	0.30	0.35	0.1	11.36	0.36	0.42
							-0.1	5.86	0.35	0.40	0	7.30	0.41	0.49	0.1	6.36	0.32	0.35
							-0.1	0.46	0.48	0.60	0	1.20	0.44	0.49	0.1	1.36	0.36	0.42
							-0.1	-5.04	0.45	0.51	0	-5.00	0.42	0.47	0.1	-3.64	0.33	0.36
	27.5	0.1041	0.1284	0.038	0.0828	中間	-0.1	11.36	1.05	1.45	0	13.50	1.55	1.77	0.1	11.36	0.98	1.15
							-0.1	5.36	1.12	1.45	0	8.20	1.43	1.58	0.1	6.06	1.00	1.28
							-0.1	-0.64	1.07	1.17	0	3.00	1.68	1.88	0.1	0.66	0.76	0.98
							-0.1	-6.64	1.55	2.00	0	-2.30	1.93	2.70	0.1	-4.64	0.97	1.21
		0.0385	0.0478			出口	-0.1	11.36	0.26	0.29	0	13.50	0.27	0.32	0.1	11.36	0.35	0.46
							-0.1	5.86	0.41	0.48	0	7.30	0.46	0.55	0.1	7.66	0.94	1.46
							-0.1	0.46	0.45	0.56	0	1.20	0.65	0.70	0.1	4.06	0.32	0.41
							-0.1	-5.04	0.57	0.68	0	-5.00	0.50	0.57	0.1	0.36	0.40	0.45

①流積[m^2/s]:測定断面の水深から求めた流水断面積をトンネル断面積から差し引いた値
②測定位置
　中間:　　トンネル内[ゲートから493cm(35.2D、測線C)]
　出口:　　トンネル出口

付表－10 (5)　トンネル内及びトンネル出口の風速測定結果（円弧：模型値）

管直径:D＝0.14m

G=80%

ゲート開度 (%)	総水頭 (D)	空気量 平均 [m^3/s]	空気量 最大 [m^3/s]	測定断面の水深 [m]	流積 [m^2/s]	測定断面	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 平均	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 最大	中心 測点座標(m) 水平(X)	中心 測点座標(m) 鉛直(Y)	中心 流速(m/s) 平均	中心 流速(m/s) 最大	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 平均	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 最大
80	20	0.1204	0.1389	0.055	0.0773	中間	-0.1	11.36	1.48	1.70	0	13.50	1.49	1.62	0.1	11.36	1.27	1.40
							-0.1	8.86	1.14	1.38	0	10.50	2.04	2.45	0.1	8.36	1.28	1.56
							-0.1	14.36	1.70	1.99	0	7.50	1.76	1.95	0.1	5.36	1.56	1.76
							-0.1	4.86	1.36	1.52	0	4.50	1.93	2.26	0.1	2.36	1.69	1.99
		0.0438	0.0484			出口	-0.1	11.36	0.39	0.52	0	13.50	0.32	0.39	0.1	11.36	0.86	0.97
							-0.1	6.36	0.51	0.59	0	16.50			0.1	14.36		
							-0.1	1.36	0.68	0.76	0	16.50			0.1	14.36		
							-0.1	-3.64	0.50	0.68	0	16.50			0.1	14.36		
	27.5	0.1407	0.1788	0.065	0.0739	中間	-0.1	11.36	1.47	1.81	0	13.50	2.07	2.38	0.1	11.36	1.39	1.69
							-0.1	8.66	1.44	1.72	0	10.50	2.59	3.12	0.1	14.36	1.45	1.83
							-0.1	6.06	1.46	1.61	0	7.50	2.63	3.05	0.1	14.36	1.64	1.93
							-0.1	3.36	2.00	3.96	0	4.50	2.85	3.57	0.1	3.36	1.84	2.35
		0.0328	0.0371			出口	-0.1	11.36	0.38	0.42	0	13.50	0.31	0.38	0.1	11.36	0.54	0.66
							-0.1	7.56	0.70	0.78	0	11.50	0.47	0.56	0.1	14.36	0.00	0.00
							-0.1	3.66	1.17	1.29	0	9.50	0.48	0.53	0.1	14.36	0.00	0.00
							-0.1	-0.14	0.68	0.77	0	7.50	0.59	0.63	0.1	14.36	0.00	0.00

①流積[m^2/s]:測定断面の水深から求めた流水断面積をトンネル断面積から差し引いた値

②測定位置

中間:　トンネル内[ゲートから493cm(35.2D、測線C)]

出口:　トンネル出口

付表－10 (6)　トンネル内及びトンネル出口の風速測定結果（円弧：模型値）

管直径:D=0.14m　　G=100%

ゲート開度 (%)	総水頭 (D)	空気量 平均 [m^3/s]	空気量 最大 [m^3/s]	測定断面の水深 [m]	流積 [m^2/s]	測定断面	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 平均	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 最大	中心 測点座標(m) 水平(X)	中心 測点座標(m) 鉛直(Y)	中心 流速(m/s) 平均	中心 流速(m/s) 最大	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 平均	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 最大
100	20			0.058	0.0763	中間	-0.1	14.36	－	－	0	16.50	－	－	0.1	14.36	－	－
							-0.1	14.36	－	－	0	16.50	－	－	0.1	14.36	－	－
							-0.1	14.36	－	－	0	16.50	－	－	0.1	14.36	－	－
							-0.1	14.36	－	－	0	16.50	－	－	0.1	14.36	－	－
		0.0455	0.0653			出口	-0.1	11.36	0.28	0.31	0	13.50	0.39	0.49	0.1	13.55	0.81	0.91
							-0.1	7.66	1.00	1.50	0	11.30	0.42	0.46	0.1	14.36	0.00	0.00
							-0.1	4.06	0.60	0.72	0	9.20	0.48	0.55	0.1	14.36	0.00	0.00
							-0.1	0.36	0.61	0.81	0	7.00	2.15	4.08	0.1	13.94	0.42	0.45
	27.5	0.0798	0.0987	0.040	0.0821	中間	-0.1	11.36	0.60	0.72	0	13.50	0.95	1.14	0.1	13.30	1.06	1.14
							-0.1	8.66	0.70	0.82	0	10.50	1.10	1.33	0.1	13.51	0.85	1.08
							-0.1	6.06	0.73	0.83	0	7.50	1.09	1.16	0.1	13.22	1.14	1.68
							-0.1	3.36	0.75	0.83	0	4.50	1.69	2.37	0.1	13.36	1.00	1.32
						出口	-0.1	11.36	－	－	0	13.50	－	－	0.1	14.36	－	－
							-0.1	14.36	－	－	0	16.50	－	－	0.1	14.36	－	－
							-0.1	14.36	－	－	0	16.50	－	－	0.1	14.36	－	－
							-0.1	14.36	－	－	0	16.50	－	－	0.1	14.36	－	－

①流積[m^2/s]:測定断面の水深から求めた流水断面積をトンネル断面積から差し引いた値
②測定位置
　中間:　トンネル内[ゲートから493cm(35.2D、測線C)]
　出口:　トンネル出口

付表－11 (1)　トンネル内及びトンネル出口の風速測定結果（直線：模型値）

G=20%　　管直径：D=0.14m

ゲート開度 (%)	総水頭 (D)	風量[m3/s] 平均 [m3/s]	風量[m3/s] 最大 [m3/s]	測定断面の水深 [m]	流積 [m2/s]	測定断面	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 平均	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 最大	中心 測点座標(m) 水平(X)	中心 測点座標(m) 鉛直(Y)	中心 流速(m/s) 平均	中心 流速(m/s) 最大	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 平均	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 最大
20	27.5	0.0447	0.0531	0.002	0.0884	中間	-0.1	11.36	0.34	0.41	0	13.50	0.37	0.52	0.1	11.36	0.46	0.56
							-0.1	3.86	0.48	0.59	0	5.50	0.58	0.67	0.1	4.26	0.43	0.53
							-0.1	-6.64	0.49	0.54	0	-2.50	0.66	0.72	0.1	-2.74	0.44	0.53
							-0.1	-11.14	0.64	0.81	0	-10.50	0.57	0.63	0.1	-9.84	0.61	0.70
		0.0120	0.0174			出口	-0.1	11.36	0.09	0.13	0	13.50	0.10	0.17	0.1	11.36	0.09	0.14
							-0.1	4.86	0.11	0.13	0	5.80	0.05	0.07	0.1	4.66	0.15	0.18
							-0.1	-1.64	0.10	0.17	0	-1.80	0.06	0.14	0.1	-2.14	0.26	0.29
							-0.1	-8.14	0.31	0.35	0	-9.50	0.25	0.49	0.1	-8.84	0.06	0.10

G=40%　　管直径：D=0.14m

ゲート開度 (%)	総水頭 (D)	風量[m3/s] 平均 [m3/s]	風量[m3/s] 最大 [m3/s]	測定断面の水深 [m]	流積 [m2/s]	測定断面	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 平均	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 最大	中心 測点座標(m) 水平(X)	中心 測点座標(m) 鉛直(Y)	中心 流速(m/s) 平均	中心 流速(m/s) 最大	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 平均	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 最大
40	27.5	0.0917	0.1117	0.038	0.0828	中間	-0.1	11.36	1.00	1.23	0	13.50	1.07	1.42	0.1	11.36	1.18	1.34
							-0.1	4.76	0.99	1.18	0	7.50	1.50	1.84	0.1	5.86	0.96	1.20
							-0.1	-1.94	0.83	1.19	0	1.50	1.49	1.63	0.1	0.36	0.91	1.03
							-0.1	-8.64	3.21	9.20	0	-4.50	1.53	1.77	0.1	-5.24	0.89	1.17
		0.0244	0.0333			出口	-0.1	11.36	0.14	0.17	0	13.50	0.19	0.29	0.1	11.36	0.29	0.38
							-0.1	5.66	0.22	0.25	0	7.70	0.21	0.25	0.1	7.06	0.44	0.46
							-0.1	-0.04	0.25	0.31	0	1.90	0.27	0.30	0.1	2.76	0.41	0.51
							-0.1	-5.84	0.49	1.20	0	-3.90	0.36	0.40	0.1	-1.64	0.27	0.31

G=50%　　管直径：D=0.14m

ゲート開度 (%)	総水頭 (D)	風量[m3/s] 平均 [m3/s]	風量[m3/s] 最大 [m3/s]	測定断面の水深 [m]	流積 [m2/s]	測定断面	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 平均	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 最大	中心 測点座標(m) 水平(X)	中心 測点座標(m) 鉛直(Y)	中心 流速(m/s) 平均	中心 流速(m/s) 最大	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 平均	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 最大
50	27.5	0.0932	0.1139	0.075	0.0706	中間	-0.1	11.36	0.85	1.06	0	13.50	1.37	1.74	0.1	11.36	1.20	1.37
							-0.1	6.16	1.15	1.53	0	7.80	1.57	1.85	0.1	4.86	1.01	1.38
							-0.1	0.96	0.99	1.28	0	2.20	1.87	2.09	0.1	-1.64	1.23	1.37
							-0.1	-4.24	1.04	1.27	0	-3.50	1.84	1.96	0.1	-8.14	1.73	2.46
		0.0309	0.0384			出口	-0.1	11.36	0.23	0.31	0	13.50	0.36	0.44	0.1	11.36	0.38	0.49
							-0.1	6.36	0.28	0.33	0	8.20	0.35	0.40	0.1	7.06	0.51	0.61
							-0.1	1.36	0.39	0.46	0	2.80	0.53	0.61	0.1	2.76	0.34	0.37
							-0.1	-3.64	0.89	1.39	0	-2.50	0.55	0.60	0.1	-1.64	0.44	0.52

①流積[m^2/s]：測定断面の水深から求めた流水断面積をトンネル断面積から差し引いた値
②測定位置
　中間：　トンネル内[ゲートから493cm(35.2D、測線C)]
　出口：　トンネル出口

付表－11 (2)　トンネル内及びトンネル出口の風速測定結果（直線：模型値）

G=60%　　管直径：D=0.14m

ゲート開度 (%)	総水頭 (D)	風量[m3/s] 平均 [m3/s]	風量[m3/s] 最大 [m3/s]	測定断面の水深 [m]	流積 [m2/s]	測定断面	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 平均	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 最大	中心 測点座標(m) 水平(X)	中心 測点座標(m) 鉛直(Y)	中心 流速(m/s) 平均	中心 流速(m/s) 最大	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 平均	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 最大
60	27.5	0.1066	0.1277	0.080	0.0689	中間	-0.1	11.36	1.14	1.42	0	13.50	1.77	1.96	0.1	11.36	1.04	1.45
							-0.1	6.86	1.34	1.78	0	10.10	1.97	2.15	0.1	7.06	1.18	1.32
							-0.1	2.46	1.61	1.88	0	6.70	2.15	2.31	0.1	2.66	1.14	1.66
							-0.1	-2.04	1.32	1.78	0	3.30	2.71	3.01	0.1	-1.64	1.19	1.52
		0.0374	0.0465			出口	-0.1	11.36	0.24	0.28	0	13.50	0.30	0.33	0.1	11.36	0.67	0.80
							-0.1	5.76	0.49	0.58	0	7.80	0.44	0.53	0.1	9.06	0.58	0.73
							-0.1	0.16	0.49	0.57	0	2.20	0.82	1.23	0.1	6.76	0.66	0.70
							-0.1	-5.44	0.68	0.99	0	-3.50	0.63	0.76	0.1	4.36	0.51	0.60

G=80%　　管直径：D=0.14m

ゲート開度 (%)	総水頭 (D)	風量[m3/s] 平均 [m3/s]	風量[m3/s] 最大 [m3/s]	測定断面の水深 [m]	流積 [m2/s]	測定断面	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線-0.1m(左岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 平均	測線-0.1m(左岸側) 流速(m/s) 最大	中心 測点座標(m) 水平(X)	中心 測点座標(m) 鉛直(Y)	中心 流速(m/s) 平均	中心 流速(m/s) 最大	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 水平(X)	測線0.1cm(右岸側) 測点座標(m) 鉛直(Y)	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 平均	測線0.1cm(右岸側) 流速(m/s) 最大
80	27.5	0.1606	0.2034	0.085	0.0672	中間	-0.1	11.36	2.15	2.35	0	13.50	3.11	3.38	0.1	11.36	1.91	3.35
							–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
							–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
							–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		0.0432	0.0474			出口	-0.1	11.36	0.44	0.48	0	13.50	0.57	0.61	0.1	11.36	0.76	0.84
							–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
							–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
							-0.1	7.36	0.76	0.85	–	–	–	–	–	–	–	–

①流積[m^2/s]：測定断面の水深から求めた流水断面積をトンネル断面積から差し引いた値
②測定位置
　中間：　トンネル内[ゲートから493cm(35.2D、測線C)]
　出口：　トンネル出口

付表－12 (1)　導水路内の壁面作用圧力

デフレクタ張り出し長：1.0m
ゲート開度：全開
H/D=27.6

底部中央

No.	ゲートからの距離 (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	19.6	216.775	219.691	2.916
2	20.0	216.762	220.001	3.239
3	20.4	216.748	220.231	3.483
4	20.8	216.734	220.611	3.877
5	21.2	216.720	220.971	4.251
6	21.6	216.706	221.611	4.905
7	22.0	216.692	222.071	5.379
8	22.4	216.678	221.741	5.063
9	22.8	216.664	221.451	4.787
10	23.2	216.650	221.301	4.651
11	23.6	216.636	220.801	4.165
12	24.0	216.623	221.291	4.668
13	24.4	216.609	221.851	5.242
14	24.8	216.595	221.681	5.086
15	25.2	216.581	221.191	4.610
16	25.6	216.567	220.951	4.384
17	26.0	216.553	220.951	4.398
18	26.4	216.539	221.151	4.612

左岸側壁（ゲートから23.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	216.636	219.091	2.455
2	0.4	217.036	218.451	1.415
3	0.8	217.436	218.201	0.765
4	1.2	217.836	218.061	0.225
5	1.6	218.236	218.411	0.175

左岸側壁（ゲートから25.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	216.567	220.571	4.004
2	0.4	216.967	221.441	4.474
3	0.8	217.367	219.511	2.144
4	1.2	217.767	218.531	0.764
5	1.6	218.167	218.421	0.254

左岸側壁（ゲートから27.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	216.498	219.091	2.593
2	0.4	216.898	221.501	4.603
3	0.8	217.298	221.151	3.853
4	1.2	217.698	218.401	0.703
5	1.6	218.098	218.101	0.003

左岸側壁（ゲートから29.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	216.428	220.641	4.213
2	0.4	216.828	220.081	3.253
3	0.8	217.228	219.591	2.363
4	1.2	217.628	218.471	0.843
5	1.6	218.028	218.051	0.023

左岸側壁（ゲートから31.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	216.359	220.031	3.672
2	0.4	216.759	220.071	3.312
3	0.8	217.159	220.511	3.352
4	1.2	217.559	218.671	1.112
5	1.6	217.959	218.161	0.202

付表－12 (2)　導水路内の壁面作用圧力

デフレクタ張り出し長：1.0m
ゲート開度：80%
H/D=27.6

底部中央

No.	ゲートからの距離 (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	7.2	217.206	218.391	1.185
2	7.6	217.192	218.901	1.709
3	8.0	217.178	219.291	2.113
4	8.4	217.164	219.981	2.817
5	8.8	217.150	220.691	3.541
6	9.2	217.137	221.451	4.314
7	9.6	217.123	221.991	4.868
8	10.0	217.109	222.511	5.402
9	10.4	217.095	223.101	6.006
10	10.8	217.081	222.891	5.810
11	11.2	217.067	222.601	5.534
12	11.6	217.053	222.501	5.448
13	12.0	217.039	221.571	4.532
14	12.4	217.025	221.371	4.346
15	12.8	217.012	221.611	4.599
16	13.2	216.998	220.891	3.893
17	13.6	216.984	220.801	3.817
18	14.0	216.970	221.011	4.041
19	14.4	216.956	220.501	3.545
20	14.8	216.942	219.651	2.709

左岸側壁（ゲートから9.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.123	220.881	3.758
2	0.4	217.523	221.641	4.118
3	0.8	217.923	221.611	3.688
4	1.2	218.323	220.121	1.798
5	1.6	218.723	218.731	0.008

左岸側壁（ゲートから11.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.053	221.071	4.018
2	0.4	217.453	223.821	6.368
3	0.8	217.853	222.651	4.798
4	1.2	218.253	221.121	2.868
5	1.6	218.653	218.731	0.078

左岸側壁（ゲートから13.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	216.984	220.501	3.517
2	0.4	217.384	221.121	3.737
3	0.8	217.784	221.821	4.037
4	1.2	218.184	220.381	2.197
5	1.6	218.584	218.691	0.107

左岸側壁（ゲートから15.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	216.914	220.171	3.257
2	0.4	217.314	220.731	3.417
3	0.8	217.714	220.011	2.297
4	1.2	218.114	219.931	1.817
5	1.6	218.514	218.691	0.177

付表－12 (3)　導水路内の壁面作用圧力

デフレクタ張り出し長：1.0m
ゲート開度：60%
H/D=27.6

底部中央

No.	ゲートからの距離 (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	3.6	217.331	218.151	0.820
2	4.0	217.317	218.561	1.244
3	4.4	217.303	219.221	1.918
4	4.8	217.289	220.111	2.822
5	5.2	217.275	221.001	3.726
6	5.6	217.262	221.621	4.359
7	6.0	217.248	222.381	5.133
8	6.4	217.234	222.571	5.337
9	6.8	217.220	222.151	4.931
10	7.2	217.206	221.441	4.235
11	7.6	217.192	221.701	4.509
12	8.0	217.178	221.491	4.313
13	8.4	217.164	221.331	4.167
14	8.8	217.150	221.001	3.851
15	9.2	217.137	220.551	3.414
16	9.6	217.123	220.331	3.208
17	10.0	217.109	220.651	3.542
18	10.4	217.095	220.191	3.096
19	10.8	217.081	220.081	3.000
20	11.2	217.067	220.041	2.974

左岸側壁（ゲートから5.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.262	221.621	4.359
2	0.4	217.662	220.641	2.979
3	0.8	218.062	219.641	1.579
4	1.2	218.462	218.591	0.129

左岸側壁（ゲートから7.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.192	222.441	5.249
2	0.4	217.592	221.601	4.009
3	0.8	217.992	220.391	2.399
4	1.2	218.392	219.031	0.639
5	1.6	218.792	218.871	0.079

左岸側壁（ゲートから9.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.123	220.451	3.328
2	0.4	217.523	222.431	4.908
3	0.8	217.923	221.371	3.448
4	1.2	218.323	219.041	0.718
5	1.6	218.723	218.771	0.048

左岸側壁（ゲートから11.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.053	218.391	1.338
2	0.4	217.453	221.401	3.948
3	0.8	217.853	221.541	3.688
4	1.2	218.253	221.061	2.808
5	1.6	218.653	219.411	0.758
6	2.0	219.053	219.081	0.028

付表－12 (4)　導水路内の壁面作用圧力

デフレクタ張り出し長：1.0m
ゲート開度：40%
H/D=27.6

底部中央

No.	ゲートからの距離 (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	1.6	217.400	220.051	2.651
2	2.0	217.387	221.821	4.434
3	2.4	217.373	223.231	5.858
4	2.8	217.359	224.251	6.892
5	3.2	217.345	224.791	7.446
6	3.6	217.331	224.491	7.160
7	4.0	217.317	223.371	6.054
8	4.4	217.303	222.381	5.078
9	4.8	217.289	221.921	4.632
10	5.2	217.275	221.121	3.846
11	5.6	217.262	219.921	2.659
12	6.0	217.248	219.941	2.693
13	6.4	217.234	220.611	3.377
14	6.8	217.220	220.211	2.991
15	7.2	217.206	219.111	1.905
16	7.6	217.192	220.001	2.809
17	8.0	217.178	219.811	2.633
18	8.4	217.164	220.261	3.097
19	8.8	217.150	220.121	2.971
20	9.2	217.137	220.241	3.104
21	9.6	217.123	219.721	2.598
22	10.0	217.109	219.521	2.412
23	10.4	217.095	220.301	3.206
24	10.8	217.081	219.871	2.790
25	11.2	217.067	219.771	2.704

左岸側壁（ゲートから3.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.331	220.881	3.550
2	0.4	217.731	218.861	1.130
3	0.8	218.131	218.221	0.090

左岸側壁（ゲートから5.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.262	222.591	5.329
2	0.4	217.662	220.321	2.659
3	0.8	218.062	218.791	0.729
4	1.2	218.462	218.491	0.029

左岸側壁（ゲートから7.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.192	222.121	4.929
2	0.4	217.592	220.641	3.049
3	0.8	217.992	219.871	1.879
4	1.2	218.392	219.171	0.779
5	1.6	218.792	218.881	0.089

左岸側壁（ゲートから9.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.123	218.791	1.668
2	0.4	217.523	220.791	3.268
3	0.8	217.923	219.901	1.978
4	1.2	218.323	219.071	0.748
5	1.6	218.723	219.081	0.358
6	2.0	219.123	219.191	0.068

付表－12 (5)　導水路内の壁面作用圧力

デフレクタ張り出し長：1.0m
ゲート開度：20%
H/D=27.6

底部中央

No.	ゲートからの距離 (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.8	217.428	218.871	1.443
2	1.2	217.414	221.481	4.067
3	1.6	217.400	224.291	6.891
4	2.0	217.387	222.321	4.934
5	2.4	217.373	221.771	4.398
6	2.8	217.359	221.031	3.672
7	3.2	217.345	219.861	2.516
8	3.6	217.331	219.871	2.540
9	4.0	217.317	219.601	2.284
10	4.4	217.303	219.611	2.308
11	4.8	217.289	219.671	2.382
12	5.2	217.275	219.381	2.106
13	5.6	217.262	218.421	1.159
14	6.0	217.248	219.401	2.153
15	6.4	217.234	219.461	2.227
16	6.8	217.220	219.151	1.931
17	7.2	217.206	218.661	1.455
18	7.6	217.192	219.061	1.869

左岸側壁（ゲートから3.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.331	218.591	1.260
2	0.4	217.731	217.821	0.090
3	0.8	218.131	218.171	0.040

左岸側壁（ゲートから5.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.262	219.321	2.059
2	0.4	217.662	218.691	1.029
3	0.8	218.062	218.271	0.209
4	1.2	218.462	218.481	0.019

左岸側壁（ゲートから7.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.192	219.221	2.029
2	0.4	217.592	218.501	0.909
3	0.8	217.992	218.541	0.549
4	1.2	218.392	218.491	0.099

左岸側壁（ゲートから9.6m地点）

No.	底部からの高さ (m)	ピエゾ標高 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)	圧力水頭 (m)
1	0.0	217.123	218.921	1.798
2	0.4	217.523	218.381	0.858
3	0.8	217.923	218.541	0.618
4	1.2	218.323	218.391	0.068

付表－13　トンネル内水面形（最終案）

デフレクタ張り出し長：1.0m

ゲート開度：全開

H/D=27.6

ゲートからの距離(m)	左岸					右岸				
	水位(EL.m)		水深(m)		変動幅	水位(EL.m)		水深(m)		変動幅
	最高	平均	最高	平均	(m)	最高	平均	最高	平均	(m)
45	219.011	219.011	3.000	3.000	0.000	219.011	218.631	3.000	2.620	0.380
50	218.135	217.115	2.180	1.160	1.020	216.135	216.015	0.180	0.060	0.120
60	219.084	218.304	3.240	2.460	0.780	218.204	217.304	2.360	1.460	0.900
70	218.733	217.613	3.000	1.880	1.120	219.433	218.233	3.700	2.500	1.200
80	217.862	216.862	2.240	1.240	1.000	218.902	217.902	3.280	2.280	1.000
90	217.431	216.471	1.920	0.960	0.960	217.951	216.791	2.440	1.280	1.160
100	217.240	216.360	1.840	0.960	0.880	217.880	216.680	2.480	1.280	1.200
110	216.989	216.209	1.700	0.920	0.780	218.089	216.529	2.800	1.240	1.560
120	217.438	216.238	2.260	1.060	1.200	218.138	216.758	2.960	1.580	1.380
130	217.207	216.467	2.140	1.400	0.740	217.947	217.147	2.880	2.080	0.800
140	217.895	216.595	2.940	1.640	1.300	217.775	216.895	2.820	1.940	0.880
150	217.924	216.744	3.080	1.900	1.180	217.464	216.424	2.620	1.580	1.040
160	217.733	216.533	3.000	1.800	1.200	216.913	216.133	2.180	1.400	0.780
170	217.322	216.262	2.700	1.640	1.060	216.682	215.862	2.060	1.240	0.820
180	217.311	216.451	2.800	1.940	0.860	216.691	215.991	2.180	1.480	0.700
190	218.140	216.020	3.740	1.620	2.120	217.820	215.500	3.420	1.100	2.320
200	218.129	216.349	3.840	2.060	1.780	217.649	215.789	3.360	1.500	1.860
210	217.658	216.498	3.480	2.320	1.160	216.778	215.618	2.600	1.440	1.160
220	217.987	217.147	3.920	3.080	0.840	215.267	214.747	1.200	0.680	0.520
230	218.775	217.775	4.820	3.820	1.000	214.835	214.275	0.880	0.320	0.560
240	219.304	218.324	5.460	4.480	0.980	214.604	213.924	0.760	0.080	0.680
250	219.373	218.373	5.640	4.640	1.000	214.013	213.753	0.280	0.020	0.260
260	218.062	217.282	4.440	3.660	0.780	214.702	213.742	1.080	0.120	0.960

付表－14 (1)　トンネル内の空気流測定結果（最終案：模型値）

デフレクタ張り出し長：1.0m
ゲート開度：全開
H/D=27.6

ゲートからの距離(m)		天端からの鉛直距離(m)										
		0.2	0.6	1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2
10	AVE	12.0	9.3	7.7								
	MAX	13.9	11.8	10.8								
	MIN	10.7	8.3	6.5								
20	AVE	11.0	7.5	6.9								
	MAX	12.5	9.4	8.9								
	MIN	10.3	6.4	5.4								
30	AVE	9.4	6.5	5.4								
	MAX	9.7	7.6	7.8								
	MIN	9.2	5.6	4.4								
40	AVE	8.7	5.9	4.0	4.1							
	MAX	8.9	6.6	5.2	5.3							
	MIN	8.5	5.4	3.3	3.7							
50	AVE	10.5	8.1	6.0	6.5							
	MAX	11.0	9.0	7.1	7.9							
	MIN	10.3	7.5	5.3	5.2							
100	AVE	5.8	4.0	3.2	2.7	3.5	3.4	3.7	3.0			
	MAX	7.3	4.5	3.7	2.8	5.0	4.7	5.4	3.9			
	MIN	4.7	3.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8	2.2			
150	AVE	5.1	3.9	2.6	2.0	1.7	1.8	2.2	2.2	2.1	2.2	
	MAX	5.5	4.3	2.9	2.2	1.9	1.9	2.6	2.7	2.8	2.9	
	MIN	4.9	3.2	2.4	1.9	1.5	1.6	2.0	2.1	1.8	1.9	
200	AVE	4.6	2.9	2.2	2.7							
	MAX	5.0	3.2	2.5	3.1							
	MIN	4.2	2.6	1.9	2.5							
250	AVE	2.9	2.5	1.9	1.7							
	MAX	3.1	3.1	2.2	2.6							
	MIN	2.6	2.0	1.4	1.4							

単位(m/s)
※ 風速は模型値

付表－14 (2)　トンネル内の空気流測定結果（最終案：模型値）

デフレクタ張り出し長：1.0m
ゲート開度：80%
H/D=27.6

ゲートからの距離(m)		天端からの鉛直距離(m)										
		0.2	0.6	1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2
10	AVE	8.1	4.1	4.0								
	MAX	8.5	4.5	4.4								
	MIN	7.9	3.8	3.4								
20	AVE	8.0	4.5	4.8								
	MAX	8.9	5.7	5.4								
	MIN	7.5	3.5	3.5								
30	AVE	8.4	4.9	5.2								
	MAX	10.0	6.4	6.2								
	MIN	7.6	3.2	3.8								
40	AVE	8.9	4.3	4.4								
	MAX	9.9	4.5	5.7								
	MIN	8.3	4.0	3.3								
50	AVE	7.5	3.9	3.5	2.9	2.7	2.6					
	MAX	8.2	5.3	4.0	3.5	3.5	3.8					
	MIN	6.8	3.1	3.2	2.7	2.1	2.2					
100	AVE	6.1	4.0	2.5	2.0	2.2	1.8	2.1	2.2			
	MAX	6.5	4.2	2.7	2.1	3.2	2.1	2.3	2.5			
	MIN	5.9	3.8	2.1	1.7	1.6	1.7	1.8	1.8			
150	AVE	4.8	3.4	2.2	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.4
	MAX	5.0	3.8	2.4	1.7	1.5	1.5	1.6	1.5	1.6	1.5	1.5
	MIN	4.6	2.9	1.9	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.2	1.1	1.2
200	AVE	3.7	2.8	2.2								
	MAX	3.8	3.1	3.2								
	MIN	3.5	1.8	2.5								
250	AVE	1.8	1.6	1.5	1.2	1.3	1.4	1.5	1.8	1.9		
	MAX	2.0	2.4	1.8	1.5	1.6	1.5	1.9	2.5	2.8		
	MIN	1.5	1.1	0.9	0.8	1.1	1.3	1.1	1.4	1.1		

単位(m/s)
※ 風速は模型値

付表－14 (3)　トンネル内の空気流測定結果（最終案：模型値）

デフレクタ張り出し長：1.0m
ゲート開度：60%
H/D=27.6

ゲートからの距離(m)		天端からの鉛直距離(m)										
		0.2	0.6	1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2
10	AVE	7.8	3.5	3.3	3.6							
	MAX	8.1	4.2	4.1	4.4							
	MIN	7.6	3.1	2.8	2.8							
20	AVE	8.0	4.3	3.9								
	MAX	9.1	5.5	5.2								
	MIN	7.6	3.4	3.3								
30	AVE	7.3	3.8	3.6								
	MAX	8.6	5.0	5.1								
	MIN	6.7	3.1	3.2								
40	AVE	6.9	3.8	4.2	3.9							
	MAX	7.4	4.4	6.1	4.7							
	MIN	6.6	3.2	3.7	3.3							
50	AVE	5.9	4.3	3.0	2.5	2.4	2.8	2.6				
	MAX	6.3	4.6	3.3	2.8	2.9	3.2	4.0				
	MIN	5.5	3.8	2.7	2.2	1.9	2.2	2.1				
100	AVE	4.3	3.0	2.1	1.6	1.5	1.4	1.4	1.6	1.7	1.8	1.7
	MAX	4.5	3.4	2.3	1.8	1.6	1.7	1.8	2.2	1.8	2.0	1.9
	MIN	4.1	2.5	2.0	1.4	1.4	1.2	1.3	1.3	1.5	1.5	1.4
150	AVE	3.4	2.2	1.5	1.2	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1
	MAX	3.4	2.5	1.7	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
	MIN	3.3	2.0	1.4	1.1	1.0	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	0.8
200	AVE	2.5	1.9	1.7	1.6	1.5						
	MAX	2.7	2.1	1.9	1.8	1.7						
	MIN	2.4	1.7	1.5	1.3	1.1						
250	AVE	0.7	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
	MAX	0.9	0.4	0.4	0.6	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9	0.8	1.1
	MIN	0.6	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.5	0.6	0.5

単位(m/s)
※ 風速は模型値

付表－14 (4)　トンネル内の空気流測定結果（最終案：模型値）

デフレクタ張り出し長：1.0m
ゲート開度：40%
H/D=27.6

ゲートからの距離(m)		天端からの鉛直距離(m)										
		0.2	0.6	1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2
10	AVE	5.2	3.5	2.7	2.7							
	MAX	5.5	3.9	3.1	2.9							
	MIN	4.9	3.0	2.2	2.4							
20	AVE	5.6	3.7	3.2	3.1							
	MAX	6.0	4.1	3.8	3.5							
	MIN	5.2	3.1	3.1	2.7							
30	AVE	5.6	3.3	3.4	3.3							
	MAX	6.0	3.6	4.2	4.0							
	MIN	5.4	3.0	2.8	3.0							
40	AVE	4.9	2.5	2.5	2.3	2.1	1.9					
	MAX	5.2	3.0	2.8	2.5	2.8	2.1					
	MIN	4.7	2.4	2.1	2.0	1.7	1.6					
50	AVE	4.1	2.8	2.0	1.9	1.5	1.5	1.7	1.6			
	MAX	4.2	3.1	2.1	2.3	2.1	1.9	2.4	2.4			
	MIN	3.9	2.3	1.8	1.6	1.1	1.3	1.2	1.2			
100	AVE	2.5	1.7	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	1.2	1.0
	MAX	2.7	1.9	1.4	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.5	1.1
	MIN	2.5	1.6	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	1.0	0.9
150	AVE	1.6	1.2	0.7	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7
	MAX	1.7	1.4	0.8	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
	MIN	1.5	1.1	0.7	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.6
200	AVE	1.2	0.8	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.7	0.6
	MAX	1.4	0.9	0.8	1.0	1.0	0.9	1.1	1.0	0.9	1.2	0.8
	MIN	1.1	0.7	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.4	0.3
250	AVE	0.4	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	MAX	0.5	0.6	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4
	MIN	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2

単位(m/s)
※ 風速は模型値

付表－14 (5)　トンネル内の空気流測定結果（最終案：模型値）

デフレクタ張り出し長：1.0m
ゲート開度：20%
H/D=27.6

ゲートからの距離(m)		天端からの鉛直距離(m)										
		0.2	0.6	1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2
10	AVE	2.2	1.3	1.5	1.8							
	MAX	2.3	1.4	1.9	1.9							
	MIN	2.1	1.1	1.4	1.7							
20	AVE	2.7	2.1	2.1	2.0	2.0						
	MAX	3.4	2.2	2.2	2.1	2.6						
	MIN	2.5	1.9	1.9	1.9	1.8						
30	AVE	2.0	1.8	1.7	1.5	1.4	1.2					
	MAX	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.5					
	MIN	1.8	1.7	1.4	1.4	1.2	0.9					
40	AVE	1.7	1.2	1.2	1.2	0.9	0.7	0.6				
	MAX	1.8	1.4	1.4	1.3	1.1	0.8	0.8				
	MIN	1.6	1.1	1.0	1.0	0.7	0.5	0.6				
50	AVE	1.5	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	0.7
	MAX	1.7	1.2	1.0	1.1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	1.0	1.1
	MIN	1.4	0.8	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4
100	AVE	0.8	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3
	MAX	0.9	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	MIN	0.7	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3
150	AVE	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	MAX	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
	MIN	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
200	AVE	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	MAX	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
	MIN	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1
250	AVE	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
	MAX	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	MIN	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

単位(m/s)
※ 風速は模型値