

土木研究所資料

第543号

利根川河口堰模型実験報告書

— 閘門導流堤について —

原
稿

昭和44年10月

建設省土木研究所

利根川河口堰閘門の導流堤模型実験報告書

目 次

第1章 実験概要	1
1. 実験の目的	1
2. 模型および相似律について	2
(1) 模型について	2
(2) 相似律について	2
3. 実験方法	2
(1) 実験流量の決定	2
(2) 水位について	3
(3) 流速について	3
(4) 流向および流況について	3
4. 実験ケース	3
第2章 実験結果	4
1. 導流堤のない場合 (実験 1～3)	4
2. 不透過直線の場合 (実験 4～9)	4
(1) オーバーフローの場合	4
(2) アンダーフローの場合	5
3. 透過直線の場合	5
(1) オーバーフローの場合 (実験 10, 11)	5
(2) アンダーフローの場合 (実験 12, 13)	5
4. 不透過直線 (導流堤と堰柱との間をあけた場合)	6
(1) オーバーフローの場合 (実験 14～17-2)	6
(2) アンダーフローの場合 (実験 18～23)	6
5. 不透過曲線 (実験 24, 25)	6
6. 不透過直線 (baffle の取り付け、実験 26～29)	7
7. 透過直線 (実験 30)	7
8. 半不透過 + 透過 (2列) 導流堤 (実験 31)	7
9. 半不透過導流堤 (実験 32)	7
10. 透過 (2列) + 半不透過導流堤 (実験 33, 34)	7
11. 半不透過導流堤 (波消用腹起し設置、実験 35, 36)	8
12. 不透過 + 透過 (1列) 導流堤 (実験 37)	8

1 3.	透過導流堤（波消用腹起し設置、実験 3 8、3 9）	8
1 4.	不透過 + 透過（2 列）導流堤（実験 4 0）	9
1 5.	透過導流堤（実験 4 1）	9
1 6.	不透過 + 透過（1 列）導流堤（実験 4 2）	9
1 7.	透過導流堤（1 列波消用腹起し設置、実験 4 3）	9
1 8.	不透過 + 透過（1 列）導流堤（実験 4 4 ~ 4 6）	9
1 9.	不透過 + 透過（1 列）導流堤（実験 4 7）	9
2 0.	透過導流堤（2 列 + 1 列）実験 4 8	1 0
2 1.	不透過 + 透過（1 列）導流堤（実験 4 9）	1 0
第 3 章	ま と め	1 2
1.	現状について（導流堤のない場合）	1 2
2.	堰柱と導流堤との間をあける間隔について	1 2
3.	導流堤の形状について	1 2
4.	流速値、流況から見た場合の最良案について	1 2
5.	現状と最良案との比較	1 3
6.	おわりに	1 3

表 目 次

表一 1	実験条件一覧表および導流堤の形状（1. 1 ~ 1. 3）	1 4
------	-------------------------------	-----

図 目 次

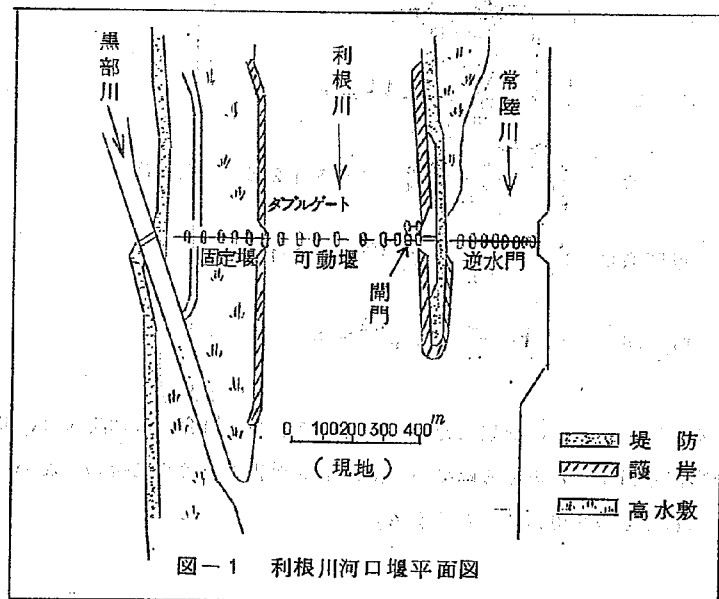
図一 1	利根川河口堰平面図	1
図一 2	利根川河口堰模型平面図	1 7
図一 3	測定点位置図	1 8
図一 4	流速、流況線平面図（4. 1 ~ 4. 4 8）	1 9
図一 5	現状と導流堤のある場合の比較（5. 1 ~ 5. 2）	6 9

第1章 実験概要

1. 実験の目的

利根川河口堰は、銚子河口から18.5kmの地点に既設の常陸川水門と黒部川水門を結ぶ線上に現在建設が進められている。河口堰の構造については、径間45m、シングル型式のローラゲート7門、ダブル型式のゲート2門の計9門の可動堰と、有効巾15mの閘門とから出来ている。

また、高水敷上には、左右岸各1ヶ所ずつの魚道と右岸側には天端高さ $+2.0$ mの固定堰とが設けられることになっている。この河口堰が完成するに伴ない、水質保全の面から、必要に応じて塩水の遡上を堰止め、順流時に堰の上流側の水位、河川の個有流量および、河口の潮汐に応じて水門の開閉を行う。この場合順流時ダブルゲート（左右岸2ヶ所）を操作したとき、左岸側閘門付近の流速が大きくなり、船の航行等に危険な状態になるおそれが生ずる。このため船が安全に航行出来るよう閘門から下流に導流堤を設けるなど安全対策が必要である。本実験はこの導流堤について、その長さ、形状、および、その効果等について検討を行ない適切な閘門の導流堤の設計資料を得ようとするものである。



2. 模型および相似律について

(1) 模型について

本実験は、左岸側閘門付近の流速および、流況等を知ることが主たる目的としている。したがって模型を大きくして模型流速値、流向、流況等の変化を明確にするため、縮尺は水平方向、鉛直方向とも $1/25$ とした。模型範囲としては左岸側半分のみを製作した。この中にはピア5基、ゲート4門（このうち1門がダブルゲート）、左岸低水護岸（堰上流400m、堰下流300m）、および閘門、魚道等の構造物が設置されている。なお、模型は敷地の関係上裏返しに製作されている。（図-2参照）

(2) 相似律について

一般に固定床の模型実験においては、現地と模型との双方において、不定流の運動方程式、マニングの平均流速公式、連続式の3つの方程式がそれぞれ適用されるものとし、フルードの相似則すなわち「現地と模型とにおいてフルード数は等しい。」という法則を用いると、各水理量の現地と模型とにおける比が求められる。結果は次のようである。ただし、現地における量にはP、模型における量にはMおよび、両者の比にはrなる添字が付されている。

$$\left. \begin{aligned} \text{長さ} \quad \ell_r &= \frac{\ell_P}{\ell_M} = 25 \\ \text{流速} \quad V_r &= \frac{V_P}{V_M} = \ell_r^{1/2} = 5 \\ \text{流量} \quad Q_r &= \frac{Q_P}{Q_M} = \ell_r^{5/2} = 312.5 \\ \text{粗度係数} \quad N_r &= \frac{N_P}{N_M} = \ell_r^{1/6} = 1.71 \\ \text{時間} \quad t_r &= \frac{t_P}{t_M} = \ell_r^{1/2} = 5 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

これを用いるには、例えば、模型流速が 0.3 m/s であつた場合、現地流速は、 $0.3 \times 5.0 = 1.50 \text{ m/s}$ に相当すると考えるのである。以下本報告書では特に断わらない限り水理量は現地に換算したものをを用いることにする。

3. 実験方法

(1) 実験流量の決定

河口堰完成後、平水時貯水した場合の最高水位は、Y.P. 1.30m程度であり、この時の堰下流水位が一番低いときは、Y.P. $\pm 0.0 \text{ m}$ である。この場合左右岸ダブルゲートで最大の流量を放流するような堰操作を想定し、ダブルゲートオーバーフロー、ゲート高

Y.P. - 1.0 m および、アンダーフローゲート開度 3.0 m という値の実験条件を用いた。したがって、本実験は実験条件として河口堰上流水位、下流水位、ゲート高、または、ゲート開度が与えられているが流量は与えられていない。このため与えられたゲート高または、ゲート開度、および下流水位の条件で堰上流の水位が Y.P. 1.30 m になるような流量を通過して実験を行った。

ゲートを指示された状態にセットし、下流水位が Y.P. 0.0 m 一定になるように下流水位調節堰を用いて調節しておき、この状態で上流水位が Y.P. 1.30 m になるような流量 Q を見出し実験流量とした。この流量は、オーバーフローの場合 2.67 m³/s、アンダーフローの場合 4.15 m³/s (いずれも左岸側ダブルゲート 1 門の場合) であった。

(2) 水位について

水位は測定点位置図 (図-3) に示す堰上流側 2 点、堰下流側 2 点の 4 測点について行った。この定められた測点で水位測定を行ない、水位が安定している事を確認した後、後述する流速および、流況測定等を行った。

(3) 流速について

流速の測定は開門付近の図-3 に示す位置で水面より約 5.0 cm (模型 2.0 cm) の深さの所で測定を行った。測定器具は電界型小型プロベラ式流速計を使用した。これはプロベラの回転数をカウンターにより数字で読むことが出来るものであり、測定時間は模型時間で 3.0 秒間の回転数を読み取った。

(4) 流向および流況について

流向測定は図-3 に示す流速測点と同じ地点で実施した。流況は、色素、あるいは銀粉等を上流より投入し、どのように流れるかをスケッチ観察した。

4. 実験ケース

実験ケースは実験ケース一覧表 (表-1) に示す様に導流堤の無い場合 3 ケース、導流堤の長さおよび形状について 5 種類 46 ケースの計 49 ケース実験を行った。

このうち実験 4 から実験 23 までは各導流堤の長さおよび形状に対してダブルゲートオーバーフローの場合とアンダーフローについて実験を行ったが、実験 23 以降は水資源公団、河口堰建設所と打合せの結果ダブルゲートオーバーフローのみについて実験を行った。

第2章 実験結果

1 導流堤のない場合(実験1~3)

導流堤のない場合の流速値はダブルゲートオーバーフロー(ゲート高、 Y 、 $P=1.0\text{ m}$)の場合、測線3および4では閘門下流100 m付近から速くなり、 $2.0\sim 2.3\text{ m/s}$ の流速になる。

測線1および2においては堰直下流が最も速い。堰より25 m下流で 3.9 m/s 前後の流速であり、下流にいくにしたがつてこの流速値は小さくなり、堰より100 m下流からは左岸側岸付近の流速が大きくなる。

アンダーフロー(ゲート開度 $a=2.0\text{ m}$)の場合も上記オーバーフローの場合とほぼ同様の傾向であるが、測線3および4の閘門下流では、 $2.3\sim 2.6\text{ m/s}$ の流速となり前者よりも幾分速くなるようである。

また、全開の場合はダブルゲートオーバーフローの場合と同じ流量で行つたものであるから流速は遅くなる。

一方、流況を見るとオーバーフロー、および、アンダーフローの場合とも堰より125 m付近までは、左岸側に寄る傾向があり、これより下流では真直ぐ流下しているようである。

また、オーバーフローの場合は、閘門下流75 m付近までの間で大きな剝離域となつており、逆流および、渦等が生じている。さらにゲートから越流した流れは、堰直下流で波状跳水のような形が生じ、堰から50 m付近まで大きく波立ち水面が乱れている。

アンダーフローの場合は閘門下流で小さな渦等が生じる程度であるが、堰直下流では大きな水平渦が出来る。いずれの場合も、左岸側閘門付近の流速値が大きく、あるいは堰直下流に船が巻込まれた場合転覆するような危険な状態であるように思われた。

この流速、流況線平面図を図-4.1~4.3に示す。

2 不透過直線の場合(実験4~実験9)

この導流堤は巾1.0 m、天端高 Y 、 $P=2.0\text{ m}$ で長さは堰柱より50 m、100 m、および、仮締切内で最大に延ばせる長さ140 mの3種類についてオーバーフローおよびアンダーフローの場合について実験を行つた。

(1) オーバーフローの場合

この場合の閘門下流(測線3、4)の堰地点より50 m、100 m、150 m、200 m、250 m地点の流速値を拾うと下表のようになる。

堰柱から の 距 離	実験 4 (L=50 m)		実験 5 (L=100 m)		実験 6 (L=140 m)	
	測線 4	測線 3	測線 4	測線 3	測線 4	測線 3
50 m	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s
100	0.36	1.67	0.19	0	0	0
150	1.48	2.15	0.56	1.35	0.22	0
200	1.99	2.06	1.65	1.89	0.25	0.90
250	1.62	2.06	1.34	1.78	1.31	1.84

この表から見ても導流堤は長いほど効果があるようであるが、流況は岸に寄る傾向が見られる。この流速、流況線平面図を図-4.4~4.6に示す。

(2) アンダーフローの場合

アンダーフローの場合も上記オーバーフローの場合と同様な傾向を示すが、流速値は閘門下流各地点とも0.4~0.6 m/s程度オーバーフローより大きい、この流速、流況線平面図を図-4.7~4.9に示す。

3. 透過直線の場合

透過直線のオーバーフローは導流堤と堰柱との間を30 mあけて堰柱より60 m、100 mの導流堤で実験を行ったものであり、この導流堤は $\phi 600$ mmの杭を2列に杭間隔1.0 mに並べたものである。

アンダーフローの場合は導流堤の形状図に示すように $\phi 600$ mmの杭を2列に1.0 m間隔で5本および、4本を交互に並べたものであり、長さは堰柱より50 mと100 mで実験を行った。

(1) オーバーフローの場合(実験10、11)

本実験は堰柱と導流堤の間が30 mあいているから、実際の導流堤の長さは、30 m、70 mとなる。この堰柱と導流堤とのあきは後述する実験で得たものである。この流速、流況線平面図を図-4.10~4.11に示す。図-4.10の実験10は導流堤が短かいため、堰から100 m下流付近までは効果があるが、それより下流においてはあまり効果がないようである。

また、流況も閘門下流75~125 m間において剝離し、逆流が生じ堰柱と導流堤の間に流れ出ている。

図-4.11の実験11は導流堤を100 mまで延ばした場合であり、流速値はよい結果になっているが、導流堤内側の閘門下流では渦等が生じ、波立ちが激しい。さらに、堰下流150 m付近から左岸側岸付近に寄る傾向が見られる。

(2) アンダーフローの場合(実験12、13)

この場合の流速、流況線平面図を図—4.12～4.13に示す。この図と不透過導流堤の実験7、8を比べると流速値はほとんど変わらないが流況は透過導流堤の方がよい結果になっている。しかし、導流堤の長さが50mの場合、堰柱から150m以降は流速減少の効果はあまりなく、長い場合でも導流堤の内側で渦等が出来、水面が安定しない。

4. 不透過直線（導流堤と堰柱との間をあけた場合）

利根川河口堰は左右岸高水敷に魚道および、放水管を設けて、上下流の水位変動に応じて、常時順流、逆流の流れを生じさせ、魚類の遡上、遡下が自由に出来るようになっている。しかし、左岸側閘門下流に導流堤を設けた場合、放水管からの放水、魚道の流れが導流堤内側に止り、堰下流側に流れ出なくなり魚道および、放水管を設置した効果がなくなる。このため堰柱と導流堤の間をダブルゲートからの流れの影響がない範囲であけ、放水管および魚道の設置効果を防げない方法を考える必要が生じる。本実験は、この堰からの流れの影響がない範囲の堰柱と導流堤との間隔を求めようとするものである。

(1) オーバーフローの場合（実験14～17-2）

導流堤は2.で述べた不透過直線と同じであり、長さは堰柱より60m、および100mで堰柱と導流堤の間隔を35m、30m、25mの3種類について実験を行った。この流速、流況線平面図を図—4.14～4.17-2に示す。これによると間隔35mの場合には堰からの流れの影響があり、堰柱と導流堤の間で剝離域、渦等が生じる。また、30mの場合は堰からの流れの影響はなくなり、導流堤先端から剝離した流れが導流堤内側で逆流を生じ、堰柱と導流堤との間に流れ出ている。25mの場合も上記30mとほぼ同様な傾向を示す。

(2) アンダーフローの場合（実験18～23）

アンダーフローの場合も上記オーバーフローと同一の形状で実験を行った。この場合もオーバーフローとほぼ同様で間隔35mの場合は堰からの流れが幾分入り、間隔を狭くした場合は導流堤先端から5.0m下流付近にかけ剝離し、導流堤内側で逆流が生じている。この流速、流況線平面図を図—4.18～4.23に示す。

以上の結果より堰柱と導流堤の間隔は堰からの流れの影響のない30mがよいと思われる。

5. 不透過曲線（実験24、25）

今までの実験では導流堤先端付近で流れが岸付近に寄り、あるいは剝離域が生じたり、逆流している。本実験はこの導流堤先端付近の流況を変えるために、堰柱の幅（4.5m）の範囲内で図（導流堤の形状図）に示すように曲げて流れが岸付近に寄るのを防ごうとするものである。

実験はオーバーフローで、導流堤の長さは堰柱から60m、100m（堰柱と導流堤のあき30m）で行った。この流速、流況線平面図を図—4.24～4.25に示す。これによる

と導流堤を曲けてもあまり効果はないようであり、むしろ導流堤先端の巻込みが大きい傾向が見られる。

6. 不透過直線 (baffleの取付け、実験26~29)

導流堤の形状図に示すように、ひだ付導流堤により、流速、流況を改善しようとするものであり、導流堤の長さは60 m、および、100 mで実験を行った。この流速、流況線平面図を図-4.26~4.29に示す。

図-4.26の実験26は導流堤の上流側に1枚のbaffleを取付けた場合であるが、堰柱と導流堤の間に渦等が生じ、よい結果ではなかつた。反対に導流堤先端に取付けた場合(実験27)も1枚程度では効果がないようである。さらに、等間隔(10 m)に設けた場合も流速減少の効果は見られず、流況も岸に寄る地点がbaffleのない場合よりも約25 m下流に移る程度であり効果は見られない。

7. 透過直線(実験30)

これは前の実験11と同じであるが、杭の間隔を1.5 mに広げて行ったものであり、図-4.11の実験11と比較してもあまり差はないようである。この流速、流況線平面図を図-4.30に示す。

8. 半不透過+透過(2列)導流堤(実験31)

半不透過とは不透過導流堤を5.0 m間隔に1.5 mの透間を入れたものであり、これを堰柱から67 m(堰柱と導流堤のあきは3.0 m)残り73 m間を、杭間隔1.5 mの透過導流堤で実験を行ったものであり、この実験結果を図-4.31に示す。これによると流速、流況はほぼよい結果になつているが、導流堤の透間から内側に入る流れがあり、水面が不安定になる傾向が見られる。

9. 半不透過導流堤(実験32)

上記半不透過を堰柱より13.9 m設置した場合であり、この実験結果を図-4.32に示す。

この場合、流速値、流況はよい結果になつているが、閘門直下流付近で逆流、および、導流堤の透間からの流れで水面が不安定になるようである。

10. 透過(2列)+半不透過導流堤(実験33、34)

導流堤の形状図に示すように、堰柱より67 m(実験34は65 m)を透過導流堤(2列)、残り14.0 mまでを半不透過導流堤にしたものであり、半不透過導流堤の透間は実験33が1.5 m、実験34が2.0 mであり、この流速、流況線平面図を図-4.33~4.34に示す。

この場合の流速値、流況は良い結果になつており、また、半不透過導流堤の透間の違いによる差はないようである。しかし、透過および半不透過導流堤の透間からの流れが幾分入り、水面が不安定なようである。

11. 半不透過導流堤（波消用腹起し設置、実験35、36）

今までの透過および半不透過導流堤では透間から導流堤内側へ流れ込み、水面が不安定になる傾向が見られる。本実験はこの影響を防ぐ意味で、波消甲の腹起しを下端高さ $P-1.0\text{ m}$ に設置して実験を行った。導流堤は形状図に示すように実験35が透間 2.5 m で、長さが堰柱より 140 m 実験36は堰柱より 80.5 m までを透間 1.5 m 、それ以降 140.5 m までを透間 2.5 m の半不透過導流堤で実験を行った。この流速、流況平面図を図-4.35~4.36に示す。

これによると閘門下流の流速値はよい結果になっており、さらに導流堤内側の水面も安定している。また、流況もよいようであり、実験35と36の差はあまり見られない。

12. 不透過+透過（1列）導流堤（実験37）

導流堤の形状図に示すように堰柱より 60 m 間を不透過導流堤（導流堤と堰柱とのあきは 30 m ） $60\text{ m} \sim 100\text{ m}$ 間を間隔 2.0 m 、 $100\text{ m} \sim 140\text{ m}$ 間を間隔 2.5 m の透過導流堤（1列で波消用腹起し設置）で実験を行ったものであり、この流速、流況線平面図を図-4.37に示す。

この結果を導流堤内側の測線3、4について現状実験（実験1）と流速値を比較すると次表のようになる。

堰柱からの距離	実験1（現状）		実験37	
	測線4	測線3	測線4	測線3
50 m	0 m/s	0.78 m/s	-1.03 m/s	-0.68 m/s
100	1.40	1.89	-0.19	0.32
150	2.01	2.35	0.56	0.63
200	1.99	2.15	0.61	1.21
250	1.90	2.01	0.78	1.02
300	1.60	2.07	0.54	0.57

この表でわかるように流速値は現状に対して $1.0 \sim 1.5\text{ m/s}$ 程度減少している。また、流況もよい結果になっているが閘門下流 50 m 付近の岸近くで幾分逆流が見られる。

13. 透過導流堤（波消用腹起し設置、実験38、39）

導流堤の形状図に示すように堰柱より $30\text{ m} \sim 60\text{ m}$ 間を杭間隔 1.5 m 、 $60\text{ m} \sim 100\text{ m}$ を杭間隔 2.0 m 、 $100\text{ m} \sim 140\text{ m}$ 間を杭間隔 2.5 m にした場合の透過導流堤であり、これの1列が実験38であり、2列にしたものが実験39である。この実験結果を図-4.38~4.39に示す。これを見ると流速値、流況ともよい結果になっているが、透過導流堤の1列の場合、堰柱より $30 \sim 60\text{ m}$ 間で導流堤内側に入る流れが見られ幾分水面が不安定になる

様である。

14. 不透過+透過(2列)導流堤(実験40)

本実験は実験37に対し、透過導流堤部分を2列にしたものである。この実験結果を図-4.40に示す。これを実験37と比較すると流況の差は見られず、流速値はむしろ下流付近で実験40の方が速いように思われ、透過導流堤を2列にした効果はないようである。

15. 透過導流堤(実験41)

この導流堤は実験37の不透過部分に対し、透過導流堤(杭間隔1.5mで2列)にしたものであり、残りの部分は実験37と同一である。(導流堤の形状図参照)

この流速、流況線平面図を図-4.41に示す。これによると流速、流況ともよい結果になっており、実験37との差はあまり見られない。

16. 不透過+透過(1列)導流堤(実験42)

この実験は実験37に対し、透過導流堤部分の杭の間隔を広げた場合であり、堰柱より30~60m間は不透過導流堤、60~100m間は4.0mの間隔、それ以降140mまでを5.0m間隔の透過導流堤で実験を行った。(導流堤の形状図参照)

この場合の流速、流況線平面図を図-4.42に示す。これを見ると実験37に対し、閘門下流の流速値は大きくなっており、流況も堰柱と導流堤のあいだの部分で剝離域、渦等が生じている。

17. 透過導流堤(1列、波消用腹起し設置)実験43

本実験は杭間隔1.0mの透過導流堤(1列)を堰柱より100mの長さ(堰柱と導流堤のあきは30m)で行ったものであり、この実験結果を図-4.43に示す。これによると閘門下流での流速値の減少は見られるが流況は導流堤先端で岸に寄る傾向が見られる。

18. 不透過+透過(1列)導流堤(実験44~46)

本実験は導流堤の形状図に示すように、堰柱より30~60m間は不透過導流堤、それ以降140m間を1列の透過導流堤にしたものであり、これは実験37に対し、透過導流堤部分の杭間隔を変えた場合のものである。この流速、流況線平面図を図-4.44~4.46に示す。これによると流速値、流況ともよい結果になっており、さらに杭間隔等を変えた場合の差は見られず、皆同様の傾向を示す。また、実験37と比較してもあまり変わらないようである。

19. 不透過+透過(1列)導流堤(実験47)

今までの波消用腹起しを設置した場合の導流堤は、仮締切内で最大にのほせる長さ140mで実験を行ってきたが、本実験は図-2に示すコンクリートブロック床版までの堰柱より120mにしたものであり、導流堤は堰柱より30m~60mが不透過導流堤、60~100m間が杭間隔2.0m、100~120mが杭間隔2.5mの透過導流堤(1列)である。

これは実験37に対し透過導流堤部分を20m短くしたものである。この実験結果を図4.47に示す。この場合の閘門下流での流速値を実験37と比較すると下表のようになる。

堰柱より の 距離	実験 3 7		実験 4 7	
	測線 4	測線 3	測線 4	測線 3
50 m	-1.03 $\frac{m}{s}$	-0.68 $\frac{m}{s}$	-1.12 $\frac{m}{s}$	-0.39 $\frac{m}{s}$
100	-0.19	0.32	-0.16	-0.27
150	0.56	0.63	0.33	0.56
200	0.61	1.21	0.70	1.01
250	0.78	1.02	0.98	1.27
300	0.54	0.57	0.32	1.02

これによると、導流堤を20m短くしても流速値は変わらないようである。また、流況も差は見られないようである。

20. 透過導流堤(2列+1列)実験48

この導流堤は実験41に対し20m短くしたものであり、堰柱より30~60m間を杭間隔1.5mの2列、60~100m間を杭間隔2.0m、100~120mを杭間隔2.5mの1列の透過導流堤であり、この実験結果を図4.48に示す。

この場合の閘門下流の流速値を実験41、47と比較すると下表のようになる。

堰柱より の 距離	実験 4 1		実験 4 7		実験 4 8	
	測線 4	測線 3	測線 4	測線 3	測線 4	測線 3
50 m	-1.03 $\frac{m}{s}$	-0.49 $\frac{m}{s}$	-1.12 $\frac{m}{s}$	-0.39 $\frac{m}{s}$	-0.84 $\frac{m}{s}$	-0.30 $\frac{m}{s}$
100	-0.10	0.60	-0.16	-0.27	0.22	0.30
150	0.36	0.60	0.33	0.56	0.53	0.50
200	0.64	1.10	0.70	1.01	0.67	1.04
250	0.72	1.46	0.98	1.27	0.78	0.98
300	0.57	0.93	0.32	1.02	0.21	0.60

この表から見ても導流堤が20m短くなっても流速値は変わらないようであり、さらに、実験47と48の導流堤の違いによる流速値の変化もないようである。また、流況も同様の傾向であり差は見られない。

21. 不透過+透過(1列)導流堤、実験49

これは実験47に対しアンダーフローで行ったものであり、この実験結果を図4.49に示す。

第3章 ま と め

1. 現状について、(導流堤のない場合)

- (1) 左岸側閘門下流の岸付近の流速値は、アンダーフロー、およびオーバーフローとも、 $2.0 \sim 2.5 \text{ m/s}$ の流速となる。
- (2) 堰から越流および潜流した流れは、堰から125m付近までの間で左岸側に寄る傾向があり、これより下流では真直ぐ流下している。

2. 堰柱と導流堤との間をあける間隔について

左岸側魚道および、放水管の設置効果を妨げないで堰からの流れの影響を受けない範囲の堰柱と導流堤の間は30mが良いと思われる。

3. 導流堤の形状について

- (1) 不透過導流堤の場合は、導流堤先端で剝離域、渦等が生じる。
- (2) 不透過曲線(導流堤先端で外側に曲げる)の場合、曲げた効果は見られないようである。
- (3) ひだ付導流堤の場合も効果はないように思われる。
- (4) 不透過導流堤の堰柱と導流堤の間を30mあけた場合、導流堤内側で逆流が生じる。
- (5) 透過および、半不透過導流堤の場合、透間から導流堤内側に流れ込むため、導流堤先端で剝離したり逆流が生じるのがなくなり、流況は良い結果になる。

しかし、透間からの流れで水面が安定しない。このため波消用腹起しを設置する必要がある。

4. 流速値、流況から見た場合の最良案について

実験結果より流速値、流況のよいものを選ぶと下表のようになる。

実験 番号	導 流 堤				図 番 号
	Type	長 さ	導流堤と 堰柱とのあき		
35	半 不 透 過	140 m	30 m		図-4.35
37	不透過+透過(1列)	140 m	"		図-4.37
41	透過(2列)+透過(1列)	140 m	"		図-4.41
47	不透過+透過(1列)	120 m	"		図-4.47
48	透過(2列)+透過(1列)	120 m	"		図-4.48

※ いずれも波消用腹起し設置(下端高Y、P-1.0m)

しかし、この表によると導流堤の長さが140mと120mがあり、施工上の事を考えると短い方がよいわけであるから、最良案は実験47と48になる。

5. 現状と最良案との比較

実験47および、48と導流堤のない場合の現状とを比較すると図-5.1~5.2になる。

また、堰柱と導流堤のあいっている部分からは堰から越流する流れが見える。

このための不安感等を取除く意味で実験47と48は堰柱と導流堤の間に杭を4本設置して実験を行ったものである。

6. おわりに

利根川河口堰開門の導流堤に関する模型実験は昭和44年度に水資源開発公団より委託され、実験作業は建設技術研究所が担当し、その指導、資料の整理および、検討については次の者が担当した。

なお、実験条件および最終案の決定については、水資源公団河口堰建設所と数回にわたる打ち合わせを重ねた結果なされたものである。

鹿島試験所長 須賀 晃 三

建設技官 高橋 晃

表-1-1 実験条件一覧表および導流堤の形状

		OVER FLOW	UNDER FLOW
流量	現地	267.2 m ³ /s	415.0 m ³ /s
	模型	85.5 %	132.8 %
上流水位	Y.P	1.30 m	Y.P 1.30 m
下流水位	Y.P	0 m	Y.P 0 m
ダフルゲート天端高	Y.P	-1.00 m	-
ダフルゲート下端高		-	Y.P -3.00 m
ゲート開度		-	2.00 m
備考	シングルゲート及び内は全閉		

実験 番号	流れの Type	導 流 堤			導 流 堤 の 形 状 図
		Type	長さ	導流堤と 比柱との高さ	
1	O.F	無し	—	—	
2	U.F		—	—	
3	全閉		—	—	
4	O.F	不透過直線	50 m	—	(平面図) (正面図)
5	"		100 m		
6	"		140 m		
7	U.F		50 m		
8	"		100 m		
9	"		140 m		
10	O.F	透過直線 (φ600の杭2列)	60 m	30 m	
11	"		100 m	30 m	
12	U.F		50 m	—	
13	"		100 m	—	
14	O.F	不透過直線	60 m	30 m	
15	"		"	35 m	
16	"		100 m	30 m	
17	"		"	25 m	
18	U.F		60 m	30 m	
19	"		"	25 m	
20	"		"	35 m	
21	"		100 m	30 m	
22	"		"	25 m	
23	"		"	35 m	
24	O.F	不透過曲線	60 m	30 m	
25	"		100 m		

表-1.2 実験条件一覧表および導流堤の形状

実験 番号	流水の Type	導 流 堤			導 流 堤 の 形 状 図
		Type	長さ	導流堤と 比柱のあり	
26	O.F		60 ^m	30 ^m	
27		不透過直線 (Baffleの取付)	"	"	
28			"	"	
29			100 ^m	"	
30		透過直線	"	"	
31		半不透過 + 透過(2列)	140 ^m	"	
32		半不透過	139 ^m	"	
33		透過(2列) + 半不透過	140.5 ^m	"	
34			140 ^m	"	
35		半不透過	"	"	
36			140.5 ^m	"	
37		不透過 + 透過(1列)	140 ^m	"	
38		透過(1列)	"	"	
39		透過(2列)	"	"	

波消用限起し設置(下端高YP-100^m)

表-1.3 実験条件一覧表および導流堤の形状

実験 番号	流れの Type	導 流 堤			導 流 堤 の 形 状 図
		Type	長さ	導流堤と 支柱の距離	
40	O.F	不透過 + 透過(2列)	140 ^m	30 ^m	
41	"	透過(2列)	"	"	
42	"	不透過 + 透過(1列)	"	"	
43	"	透過(1列)	100 ^m	"	
44	"	不透過 + 透過(1列)	140 ^m	"	
45	"		139 ^m	"	
46	"		141 ^m	"	
47	"	不透過 + 透過(1列) (杭 4本設置)	120 ^m	"	
48	"	透過(2列) + 透過(1列) (杭 4本設置)	"	"	
49	U.F	不透過 + 透過(1列) (杭 4本設置)	"	"	47と同じ

図-2 利根川河口堰模型平面図

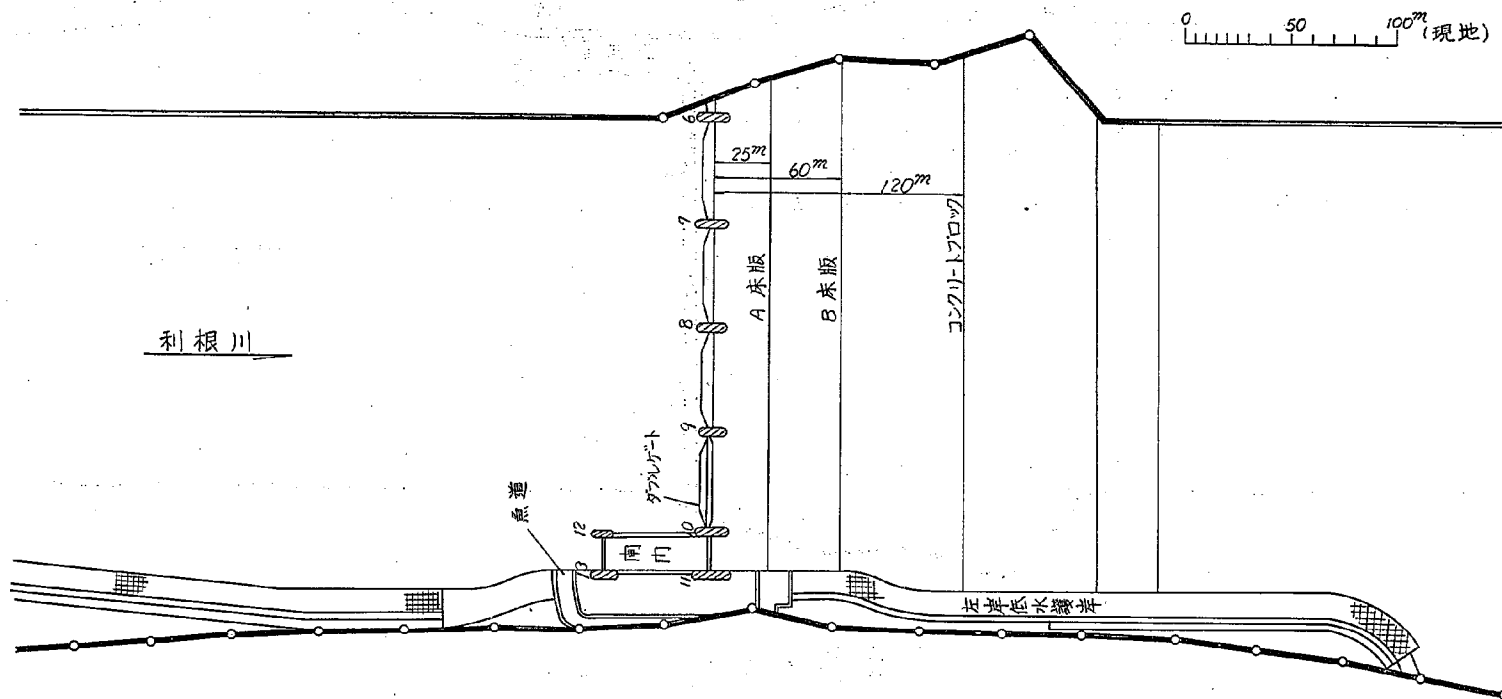


图-3 测定点位置图

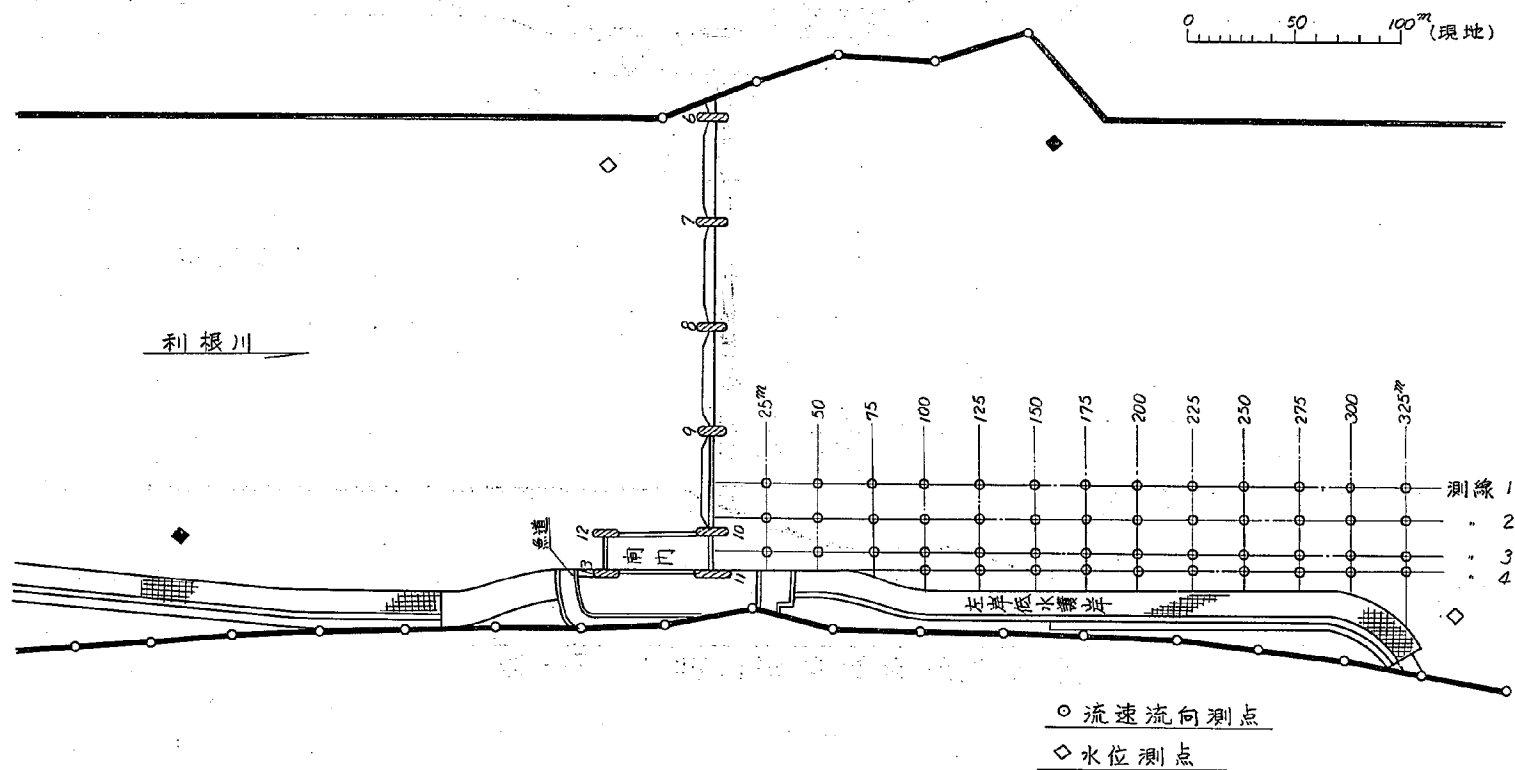


図-4.1 流速・流況線平面図 実験 I

流量	267.2m ³ /s	ゲート天端高	Y.P.-1.00m
上流水位	Y.P.+1.30m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P.0.00m	ゲート開度	—
	O.F	備考	—

縮尺

0 10 20 30 40m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8m/s

流速ベクトル線

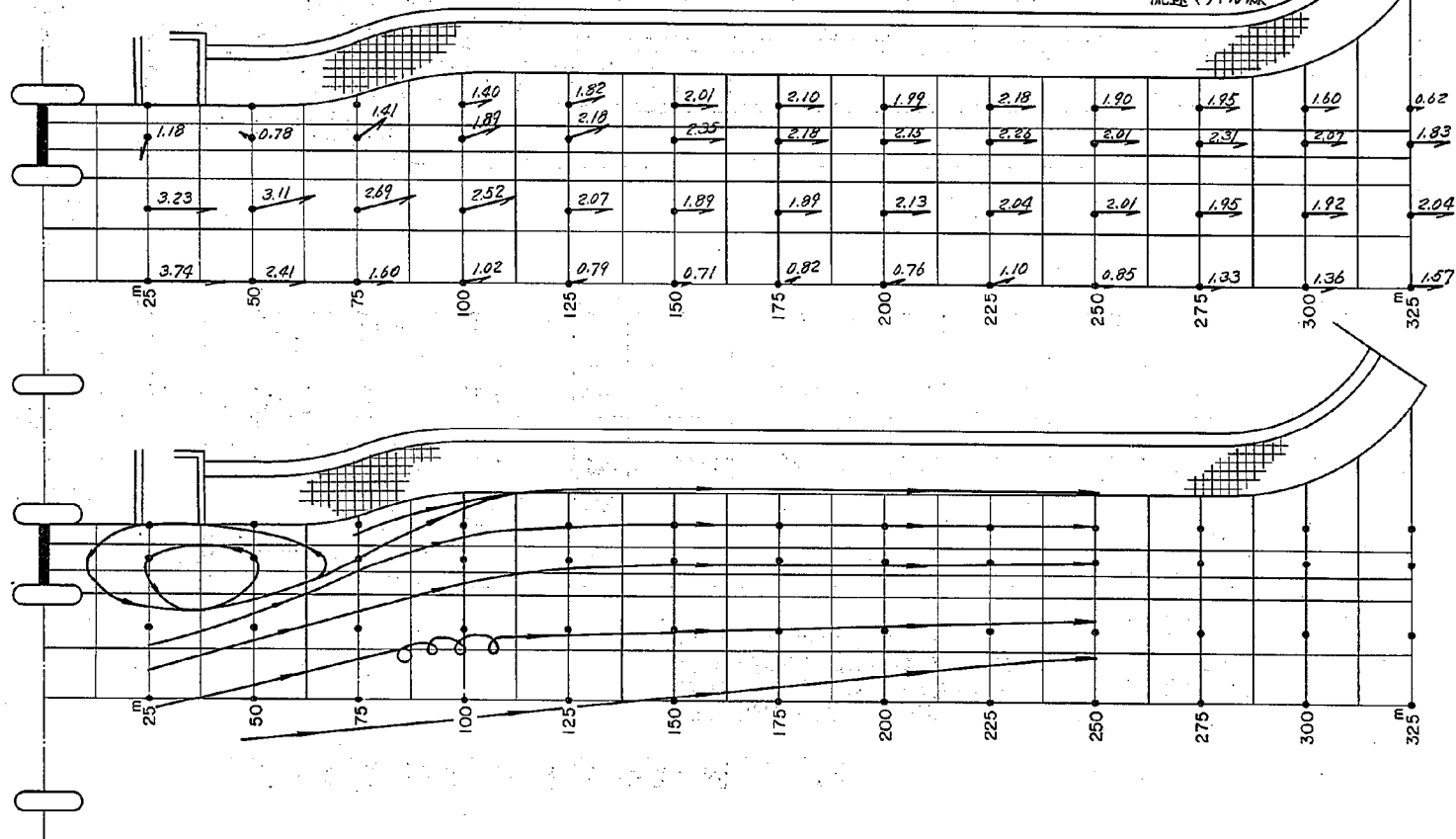


図-4.2 流速・流況線平面図 実験 2

流 量	415.0 ^{m³/s}	ゲート端高	—
上流水位	Y.P.+1.30 ^m	ゲート下端高	Y.P.-3.00 ^m
下流水位	Y.P.0.00 ^m	ゲート開度	2.00 ^m
	U.F	備考	

縮尺

0 10 20 30 40^m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8^{m/s}

流速ベクトル線

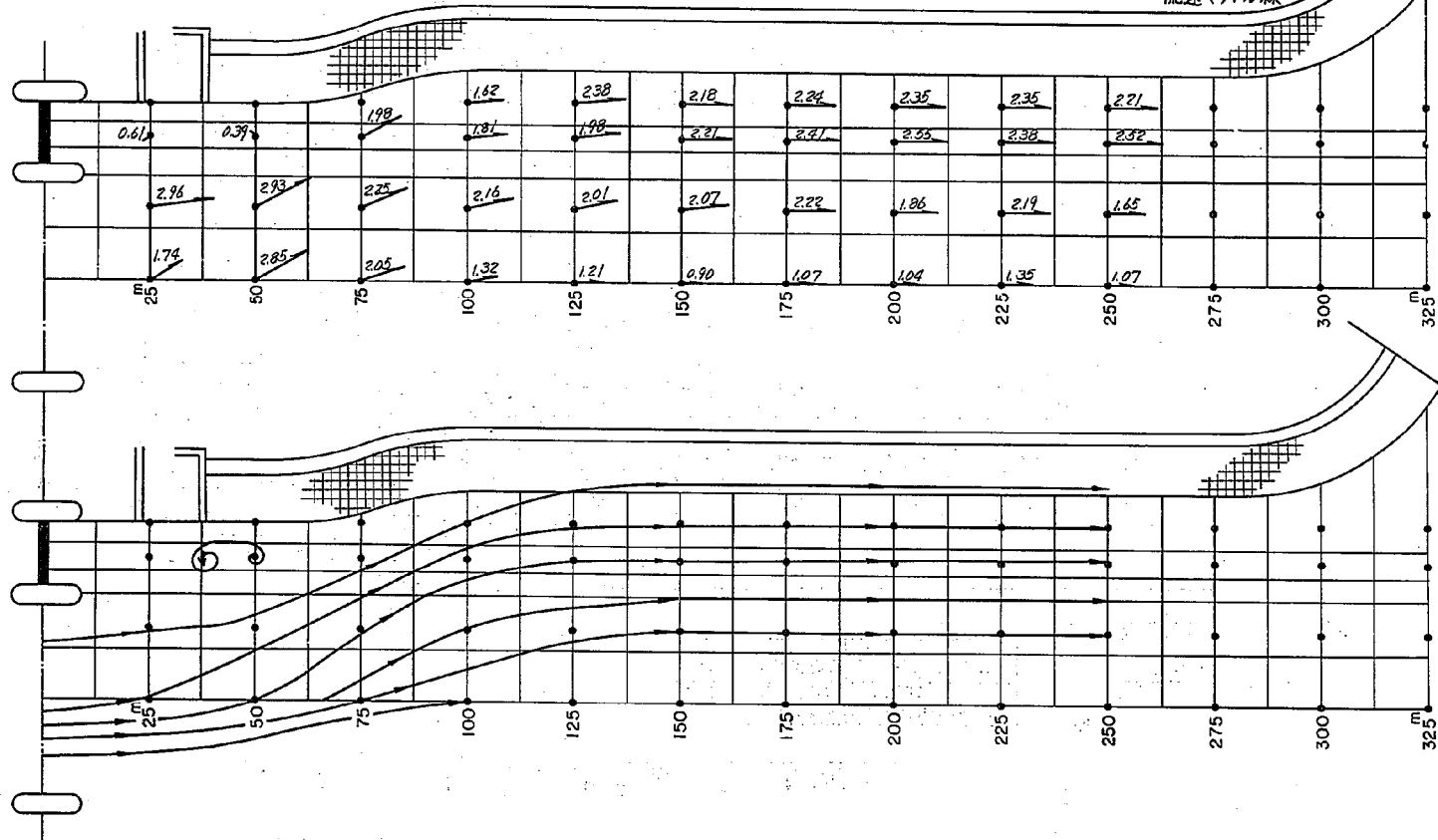


図-4.3 流速・流況線平面図 実験3

流 量	247.2m ³ /s	ゲート天端高	—
上流水位	YF0.02m	ゲート下端高	—
下流水位	YF0.00m	ゲート開度	—
全 部 備 考			

縮尺

0 10 20 30 40m

平 面 図

0 1 2 3 4 5 6 7 8m/s

流速マトル線

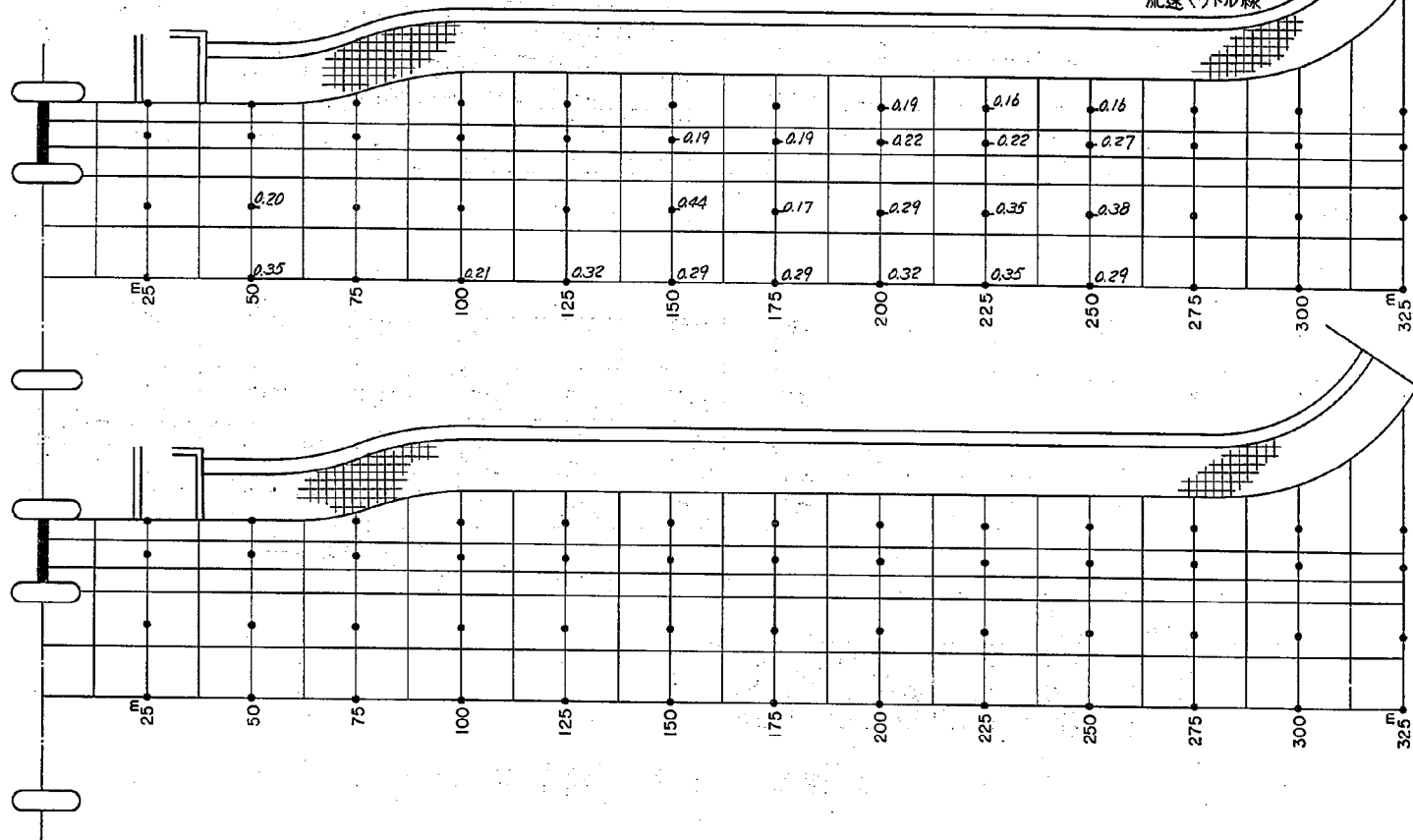


図-4.4 流速・流況線平面図 実験4

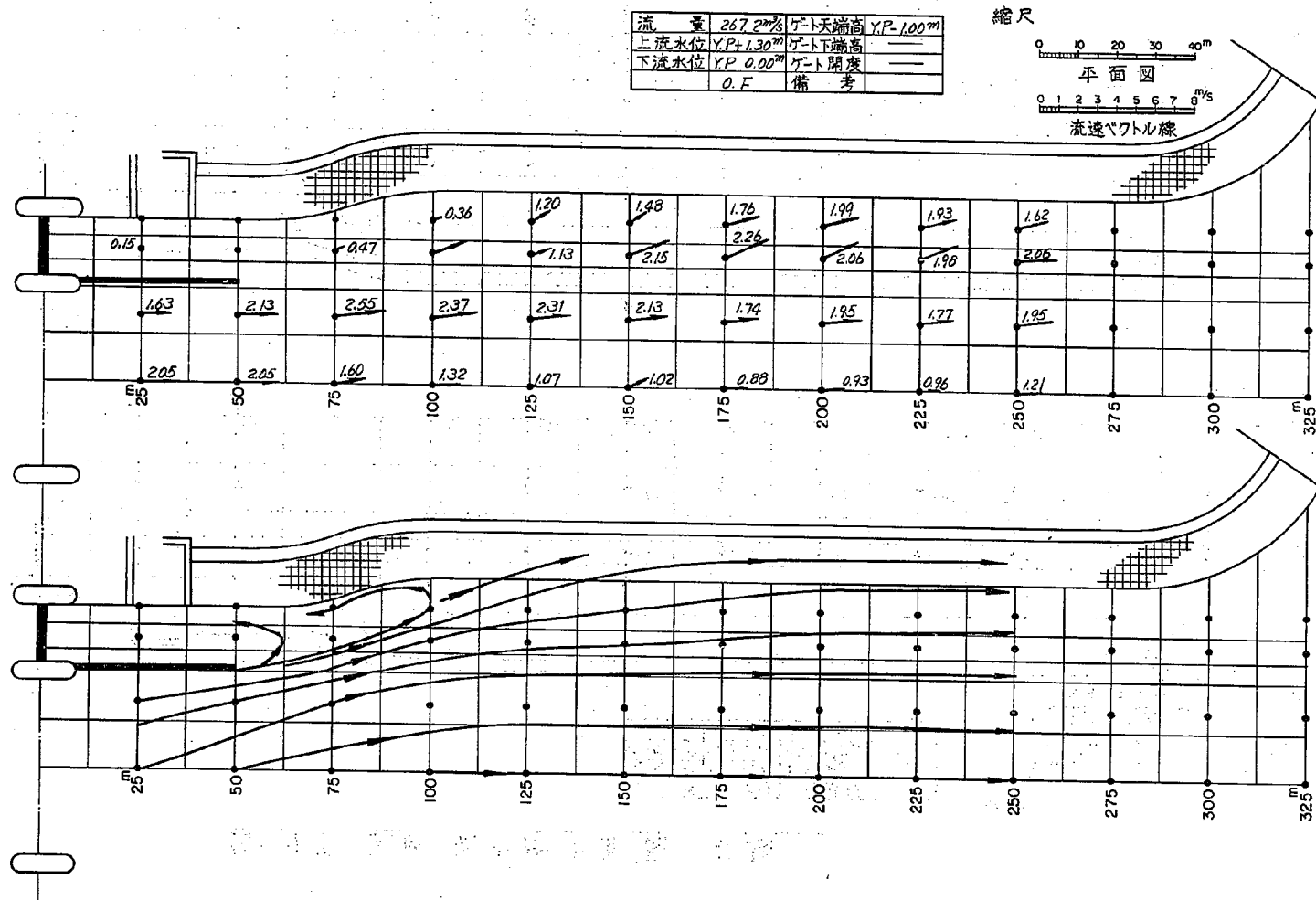


図-4.5 流速・流況線平面図 実験 5

流 量	267.2 ^{m³/s}	ゲート天端高	YP-1.00m
上流水位	YP+1.30m	ゲート下端高	—
下流水位	YP 0.00m	ゲート開度	—
	0. F	備 考	—

縮尺

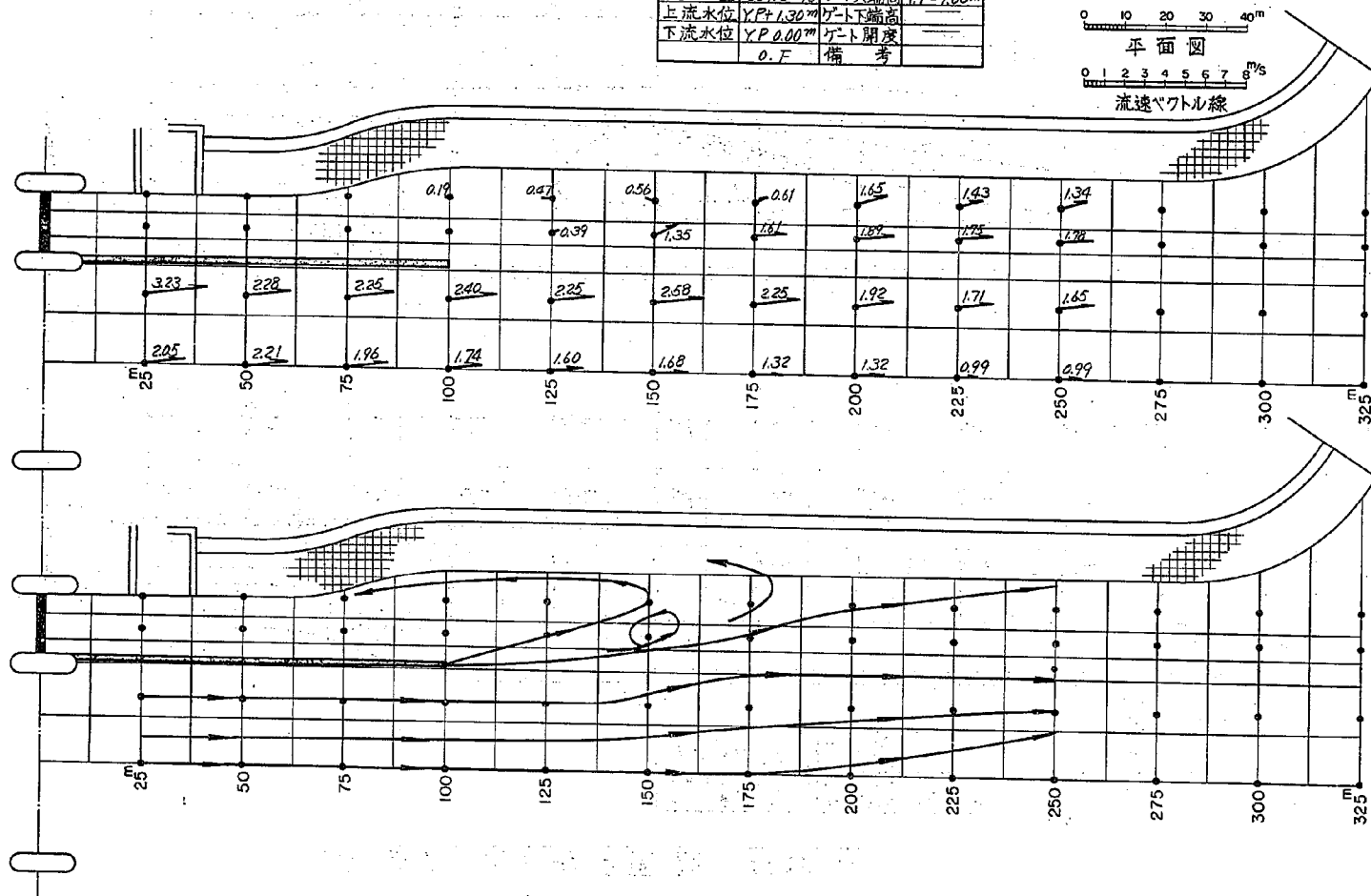


図-4.6 流速、流況線平面図 実験 6

流 量	267.2m ³ /s	ゲート天端高	Y.P.-1.00m
上流水位	Y.P.+1.30m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P. 0.00m	ゲート開度	—
	0.F	備考	—

縮尺

0 10 20 30 40m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8m/s

流速ベクトル線

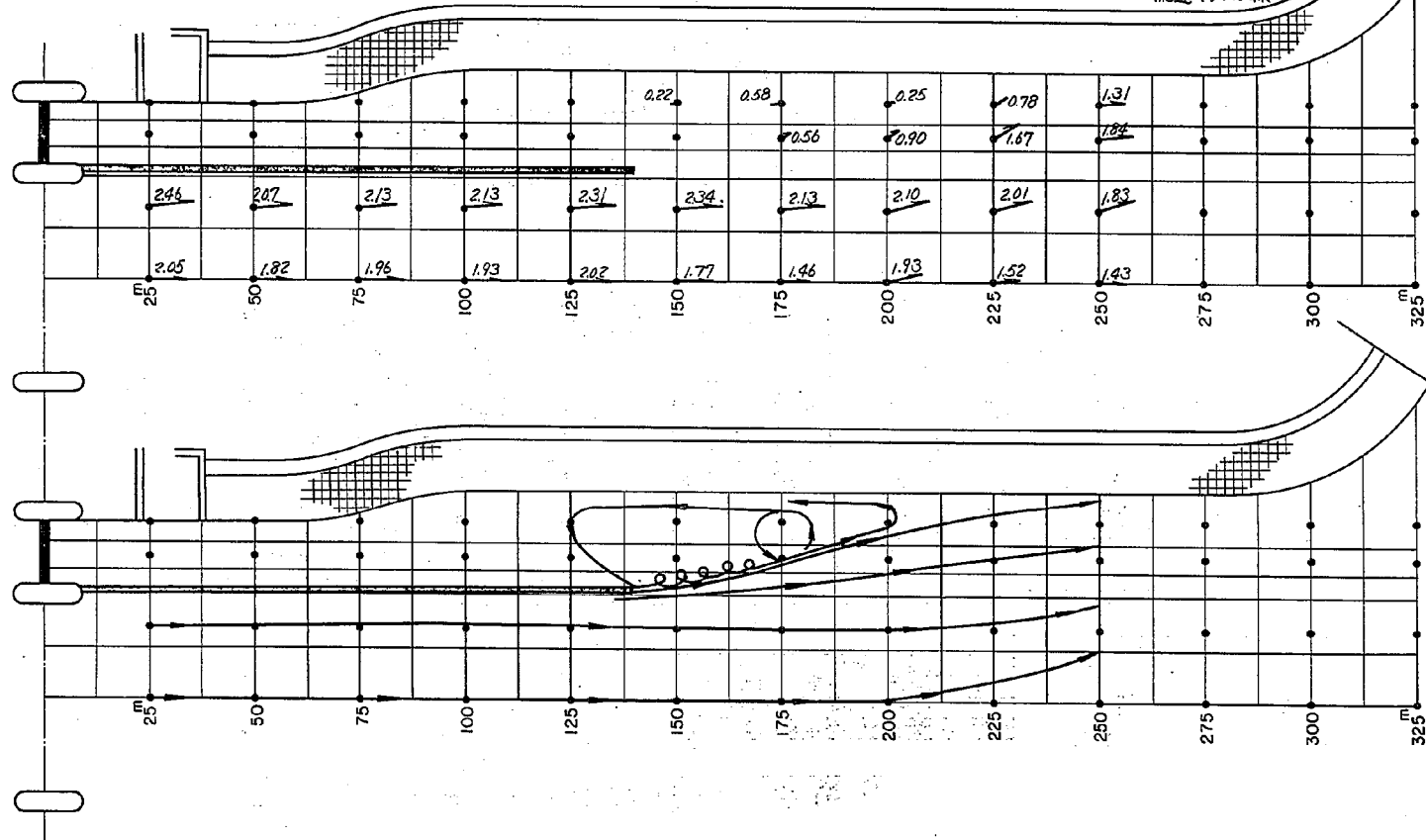


図-4.7 流速・流況線平面図 実験7

流量	4.50 m ³ /s	ゲート先端高	—
上流水位	YP+1.30 m	ゲート下端高	YP-3.00 m
下流水位	YP 0.00 m	ゲート開度	2.00 m
U.F	備考		

縮尺

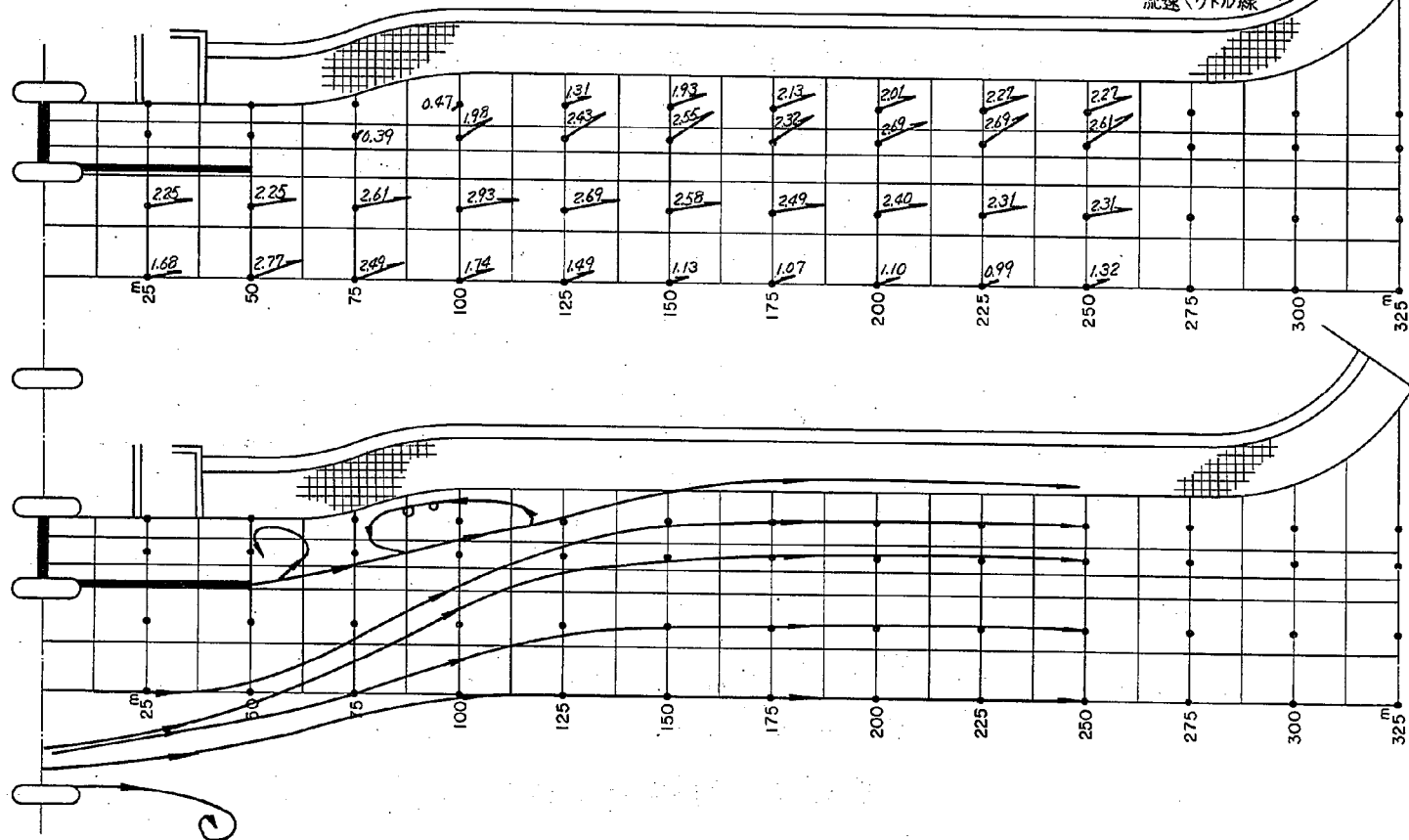


図-4.8 流速、流況線平面図 実験 8

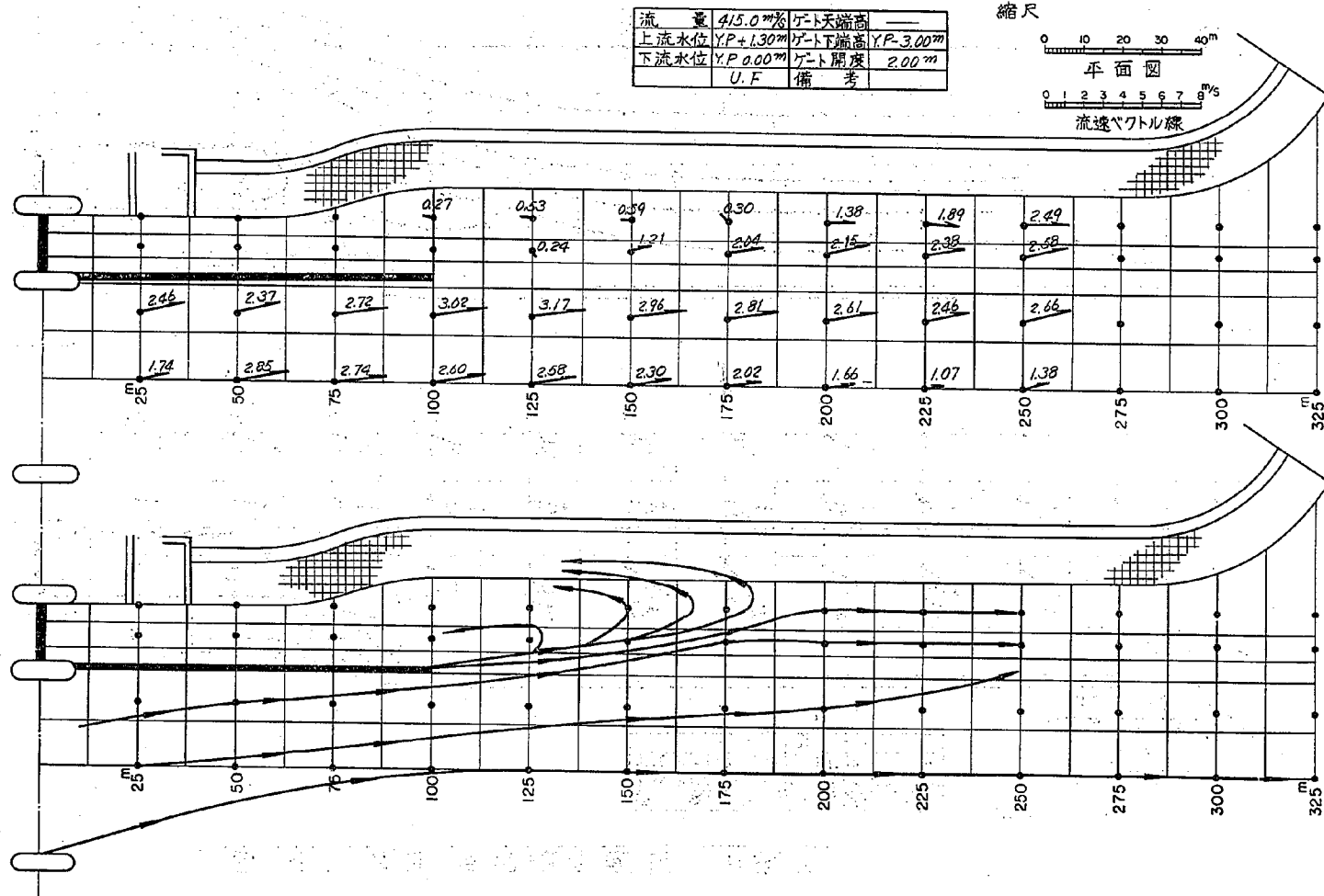


図-4.9 流速・流況線平面図 実験 9

流 量	415.0 m ³ /s	ゲート天端高	—
上流水位	Y.P.+1.30 m	ゲート下端高	Y.P.-3.00 m
下流水位	Y.P. 0.00 m	ゲート開度	2.00 m
U.F.	備 考		

縮尺

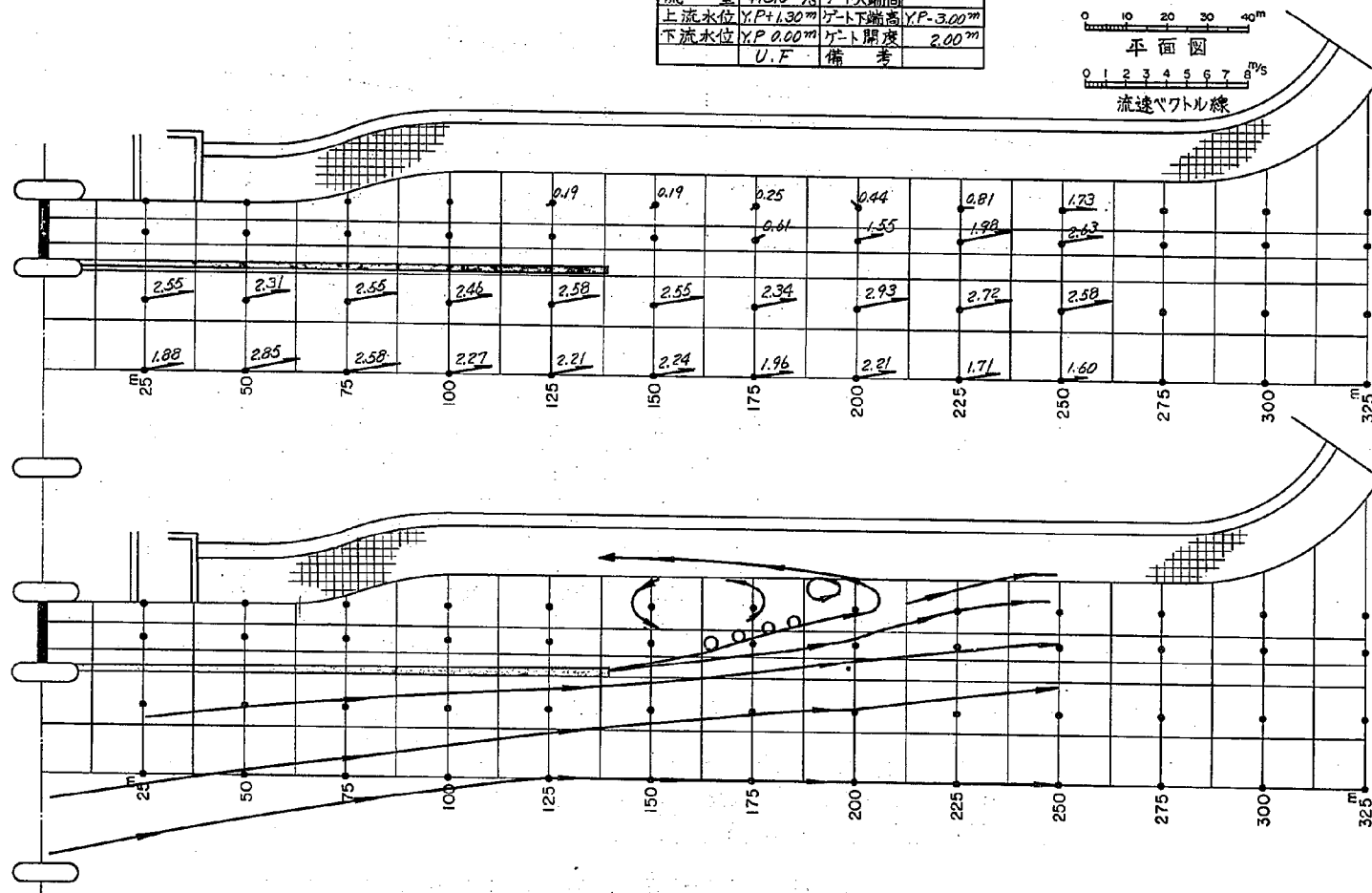


図-4.10 流速・流況線平面図 実験10

流 量	267.2m³/s	ゲート天端高	YP-1.00m
上流水位	YP+1.30m	ゲート下端高	—
下流水位	YP 0.00m	ゲート開度	—
	0.5	備考	—

縮尺

0 10 20 30 40m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8m/s

流速ベクトル線

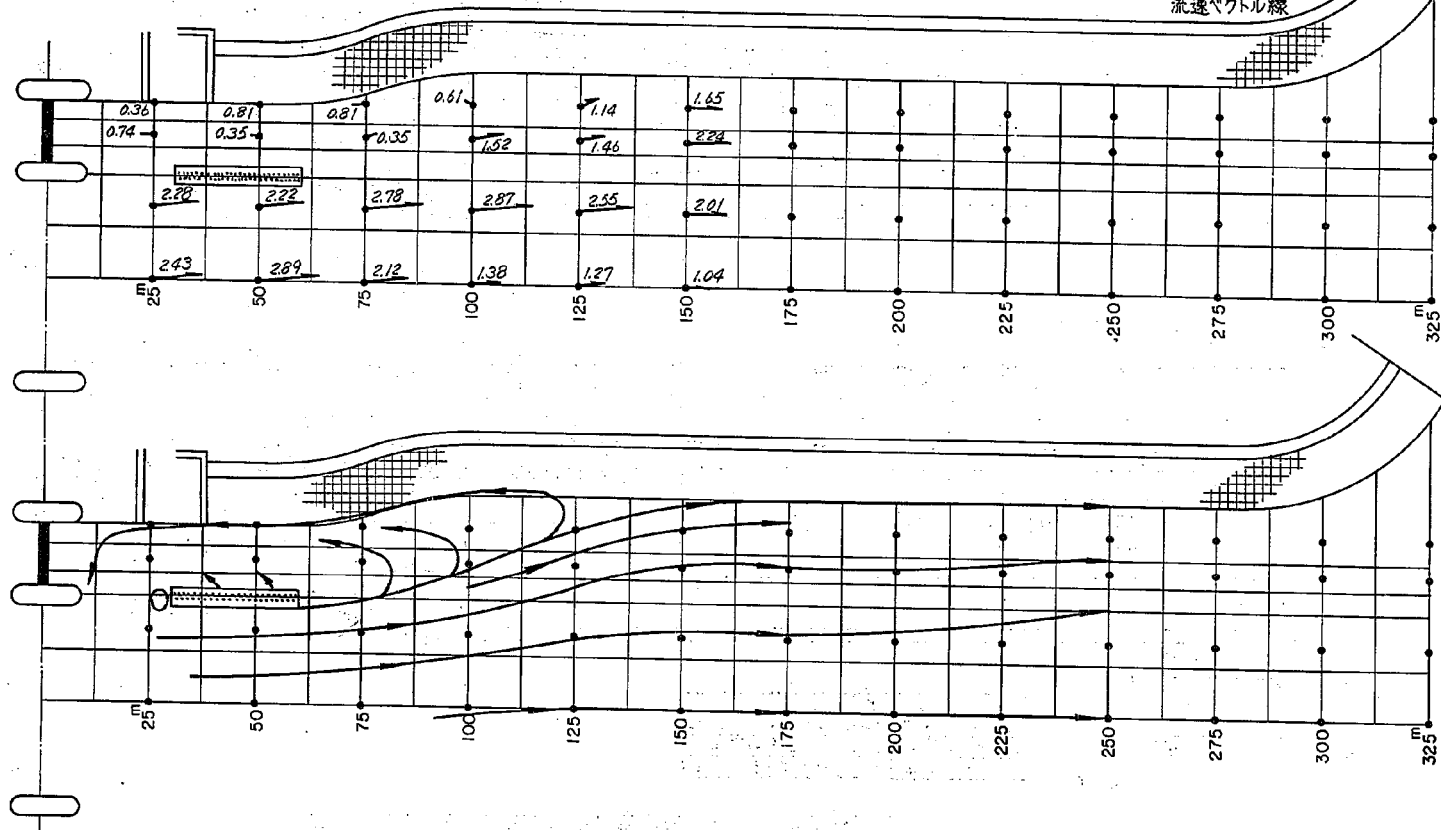


図-4.11 流速・流況線平面図 実験 11

流 量	267.2 ^{m³/s}	ゲート天端高	Y.P. 1.00 ^m
上流水位	Y.P. 1.30 ^m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P. 0.00 ^m	ゲート開度	—
	0. F	備考	

縮尺

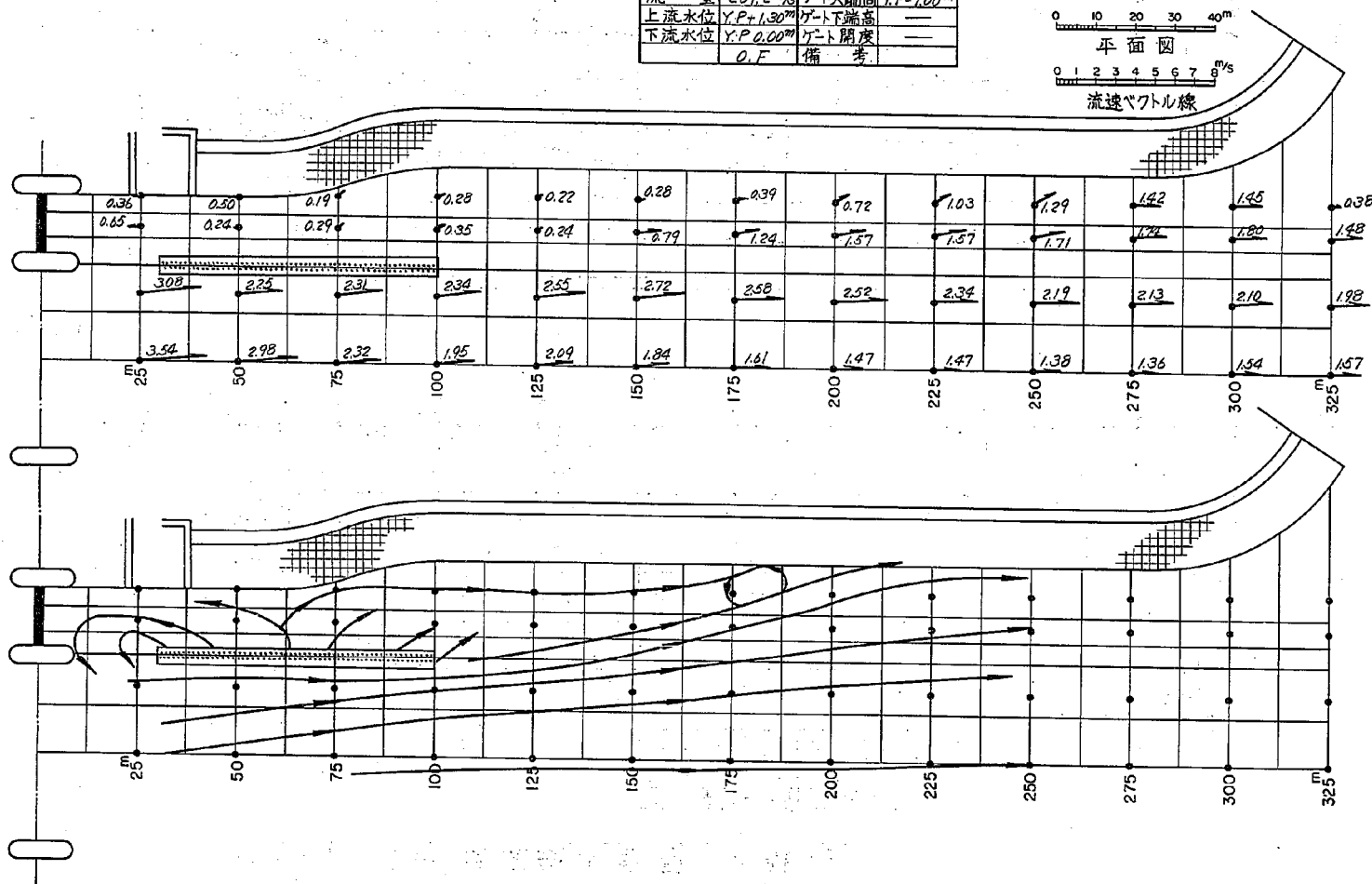
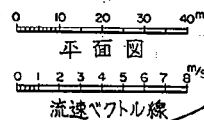


図-4.12 流速・流況線平面図 実験12

流 量	415.0 ^{m³/s}	ゲート天端高	—
上流水位	Y.P.+1.30 ^m	ゲート下端高	Y.P.-3.00 ^m
下流水位	Y.P. 0.00 ^m	ゲート開度	2.00 ^m
U.F	備 考		

縮尺

0 10 20 30 40^m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8^m

流速ワトル線

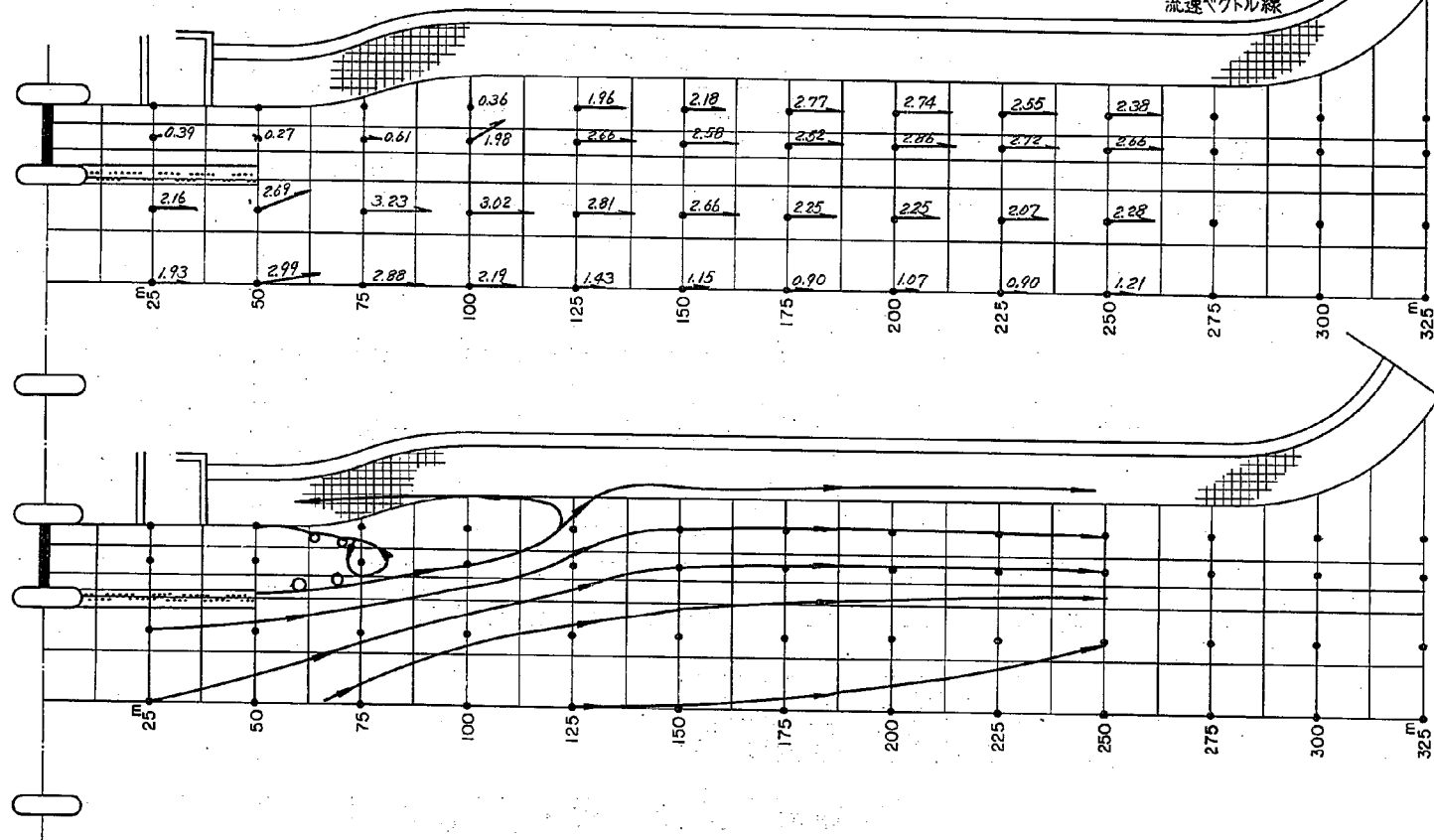


図-4.13 流速、流況線平面図 実験13

流量	415.0 ^{m³/s}	ゲート先端高	—
上流水位	Y.P+1.30 ^m	ゲート下端高	Y.P-3.00 ^m
下流水位	Y.P 0.00 ^m	ゲート開度	2.00 ^m
	U・F	備考	

縮尺

0 10 20 30 40^m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8^{m/s}

流速ベクトル線

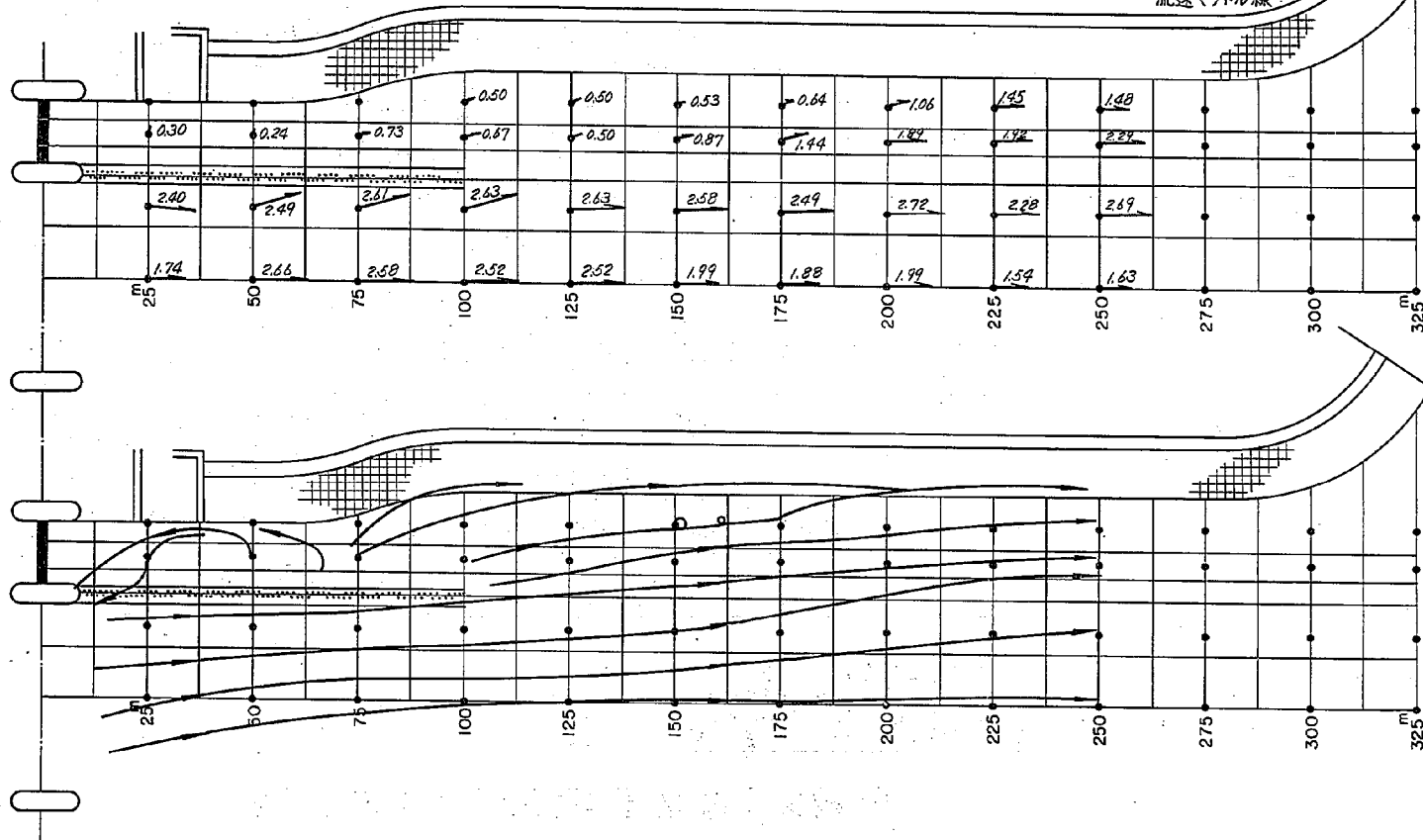


図-4.14 流速・流況線平面図 実験14

流量	26.72 m ³ /s	ゲート天端高	Y.P.-1.00 m
上流水位	Y.P.+1.30 m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P. 0.00	ゲート開度	—
	0. F	備考	—

縮尺

0 10 20 30 40 m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 m/s

流速ベクトル線

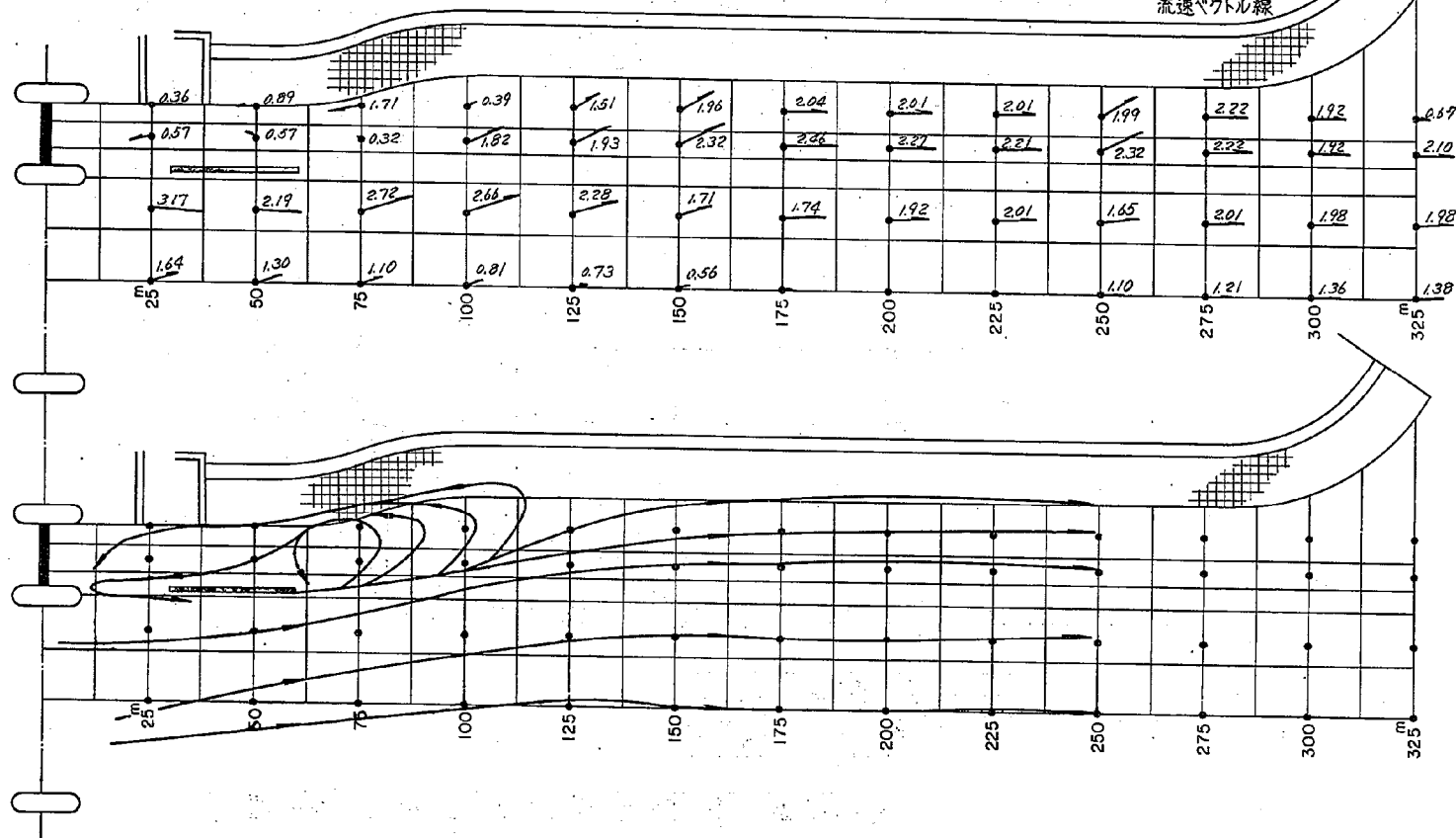
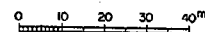


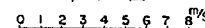
図-4.15 流速・流況線平面図 実験15

流 量	267.2 m ³ /s	ゲート先端高	Y.P. 1.00 m
上流水位	Y.P. 1.30 m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P. 0.00 m	ゲート開度	—
	O.F. 備考		

縮尺



平面図



流速ベクトル線

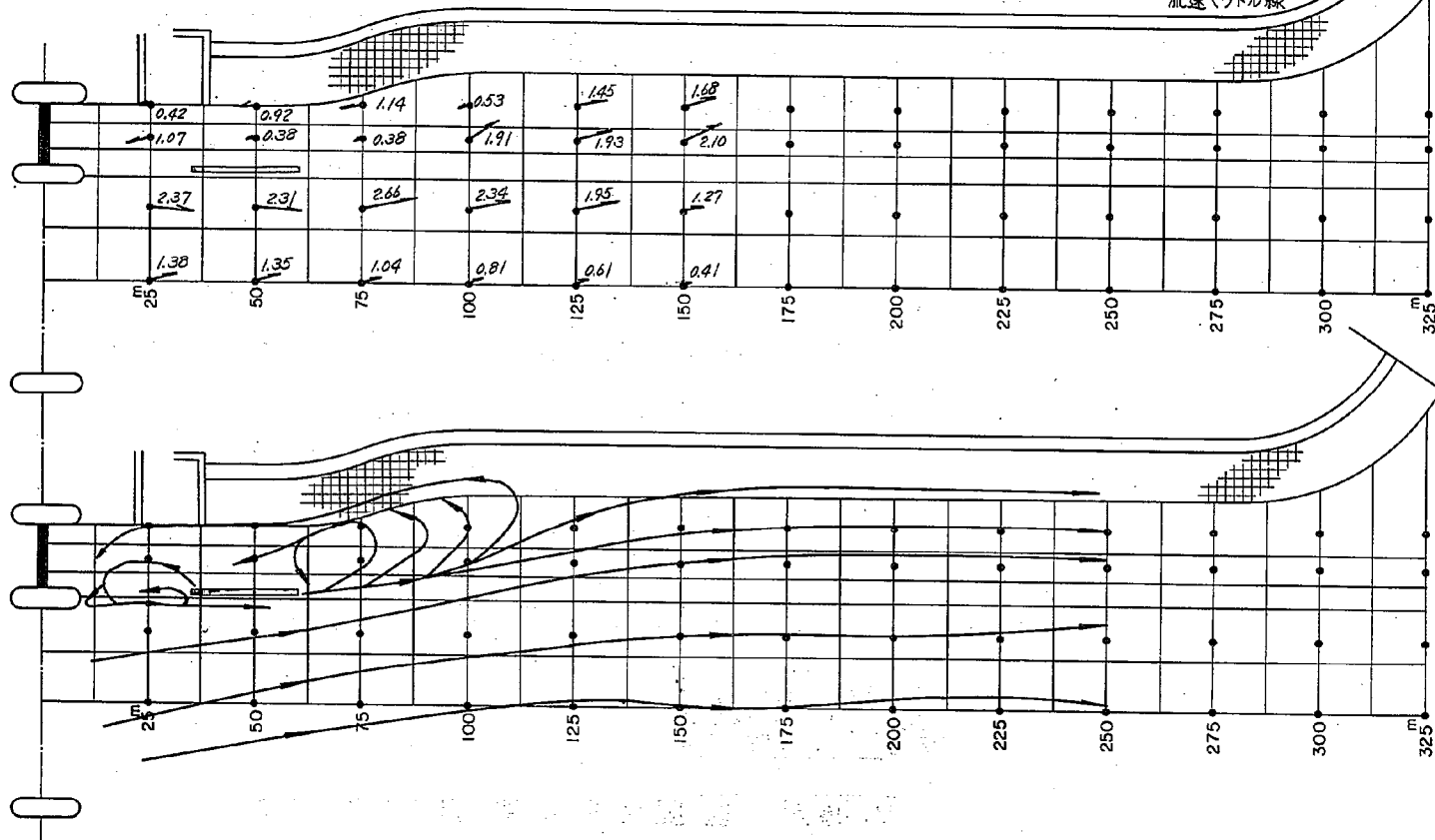


図-4.16 流速、流況線平面図 実験16

流量	267.2 m ³ /s	ゲート下端高	YP-1.00m
上流水位	YP+1.30m	ゲート下縁高	—
下流水位	YP 0.00m	ゲート開度	—
	0. F	備考	—

縮尺

0 10 20 30 40m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 m/s

流速ベクトル線

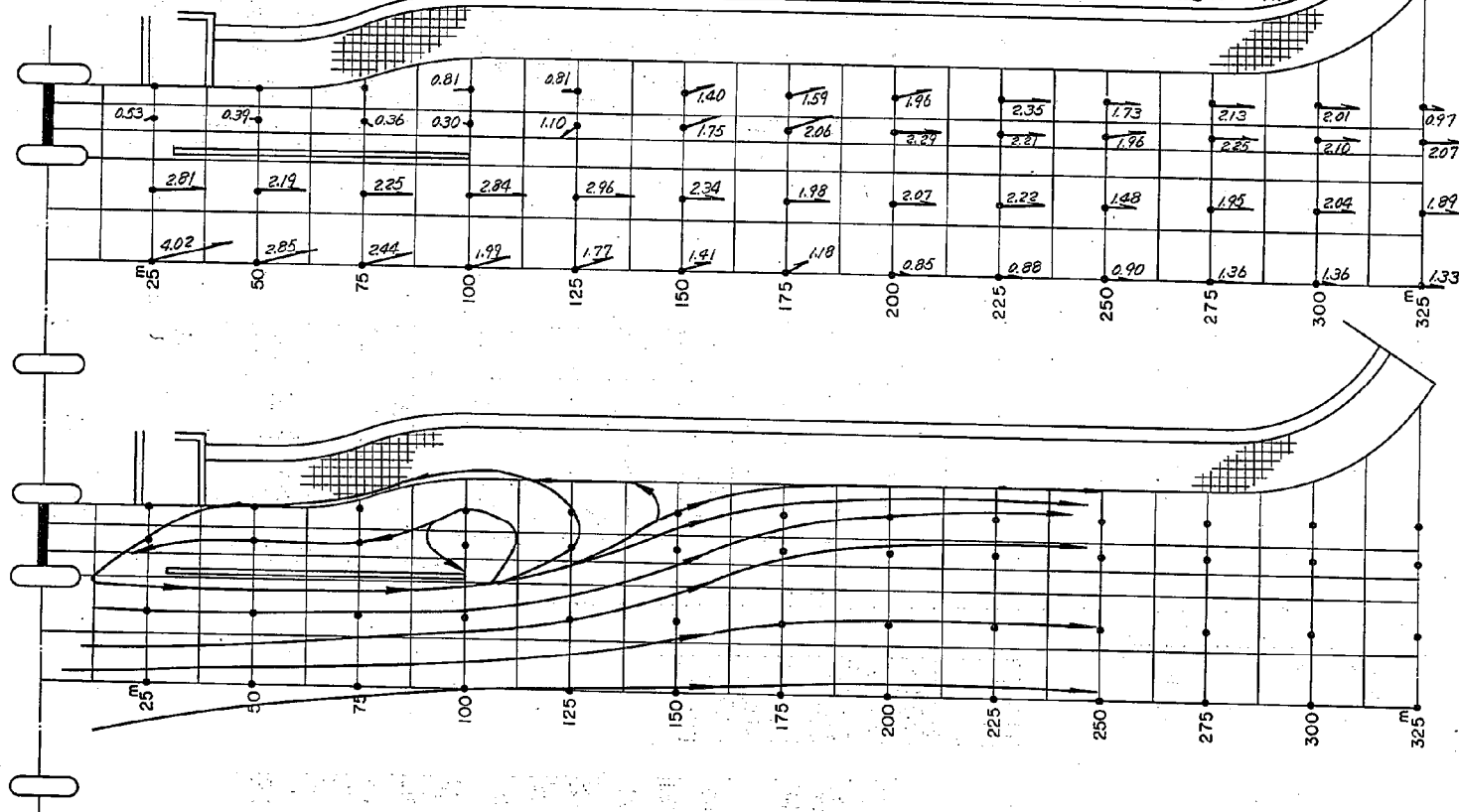


図-4.17-1 流速、流況線平面図 実験17-1

流量	267.2 m³/s	ゲート先端高	Y.P.-1.00 m
上流水位	Y.P.+1.30 m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P. 0.00 m	ゲート開度	—
	0. F	備考	

縮尺

0 10 20 30 40 m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 s/m/s

流速ベクトル線

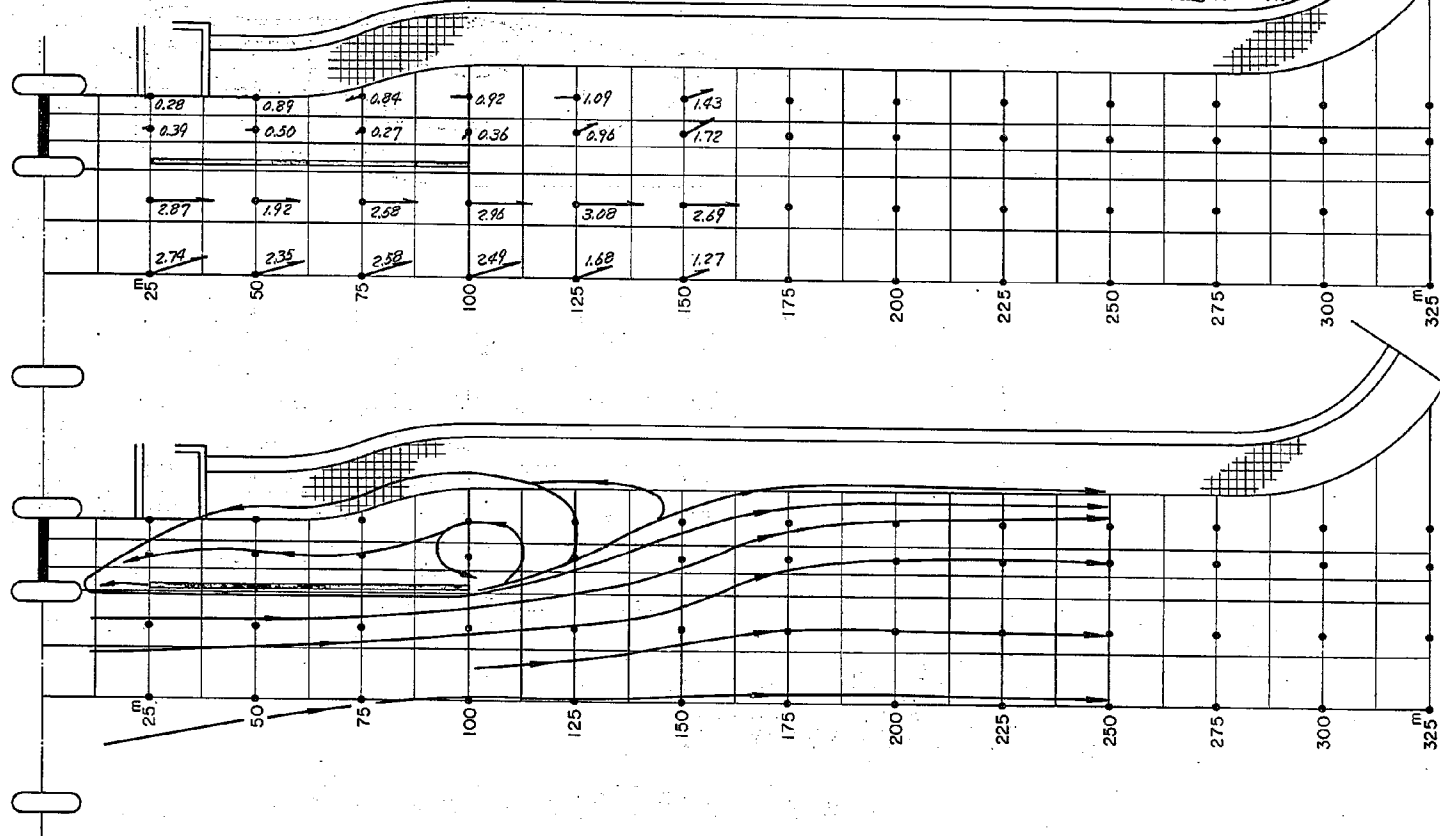


図-4.17-2 流速、流況線平面図 実験17-2

流量	267.2 m³/s	ゲート天端高	YP-1.00 m
上流水位	YP+1.30 m	ゲート下端高	—
下流水位	YP 0.00 m	ゲート開度	—
	O.F	備考	—

縮尺

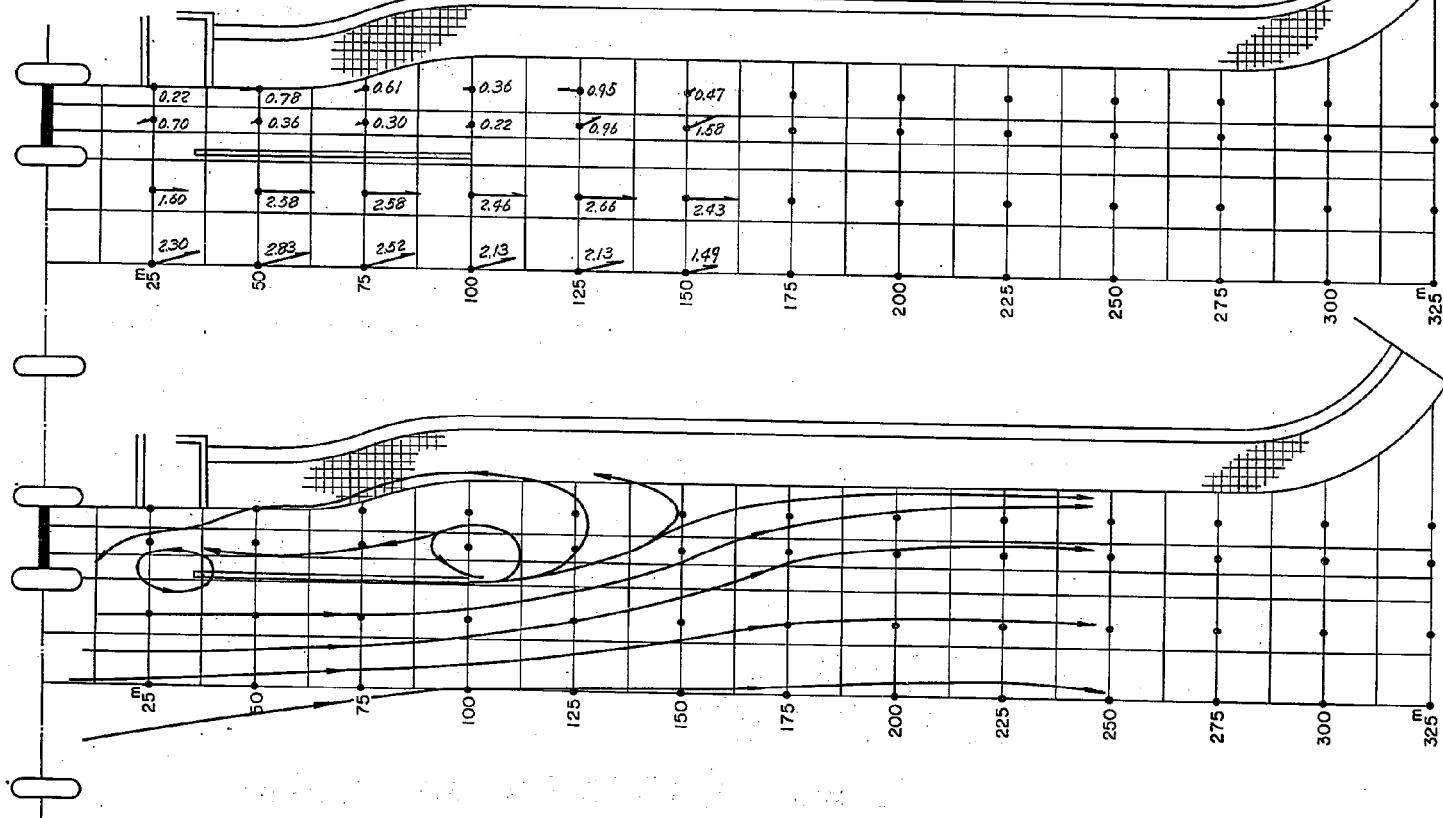
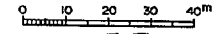


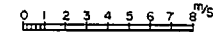
図-4.18 流速・流況線平面図 実験18

流量	415.0 m ³ /s	ゲート天端高	——
上流水位	YP+1.30 m	ゲート下端高	YP-3.00 m
下流水位	YP 0.00 m	ゲート開度	2.00
U.F	備考		

縮尺



平面図



流速ベクトル線

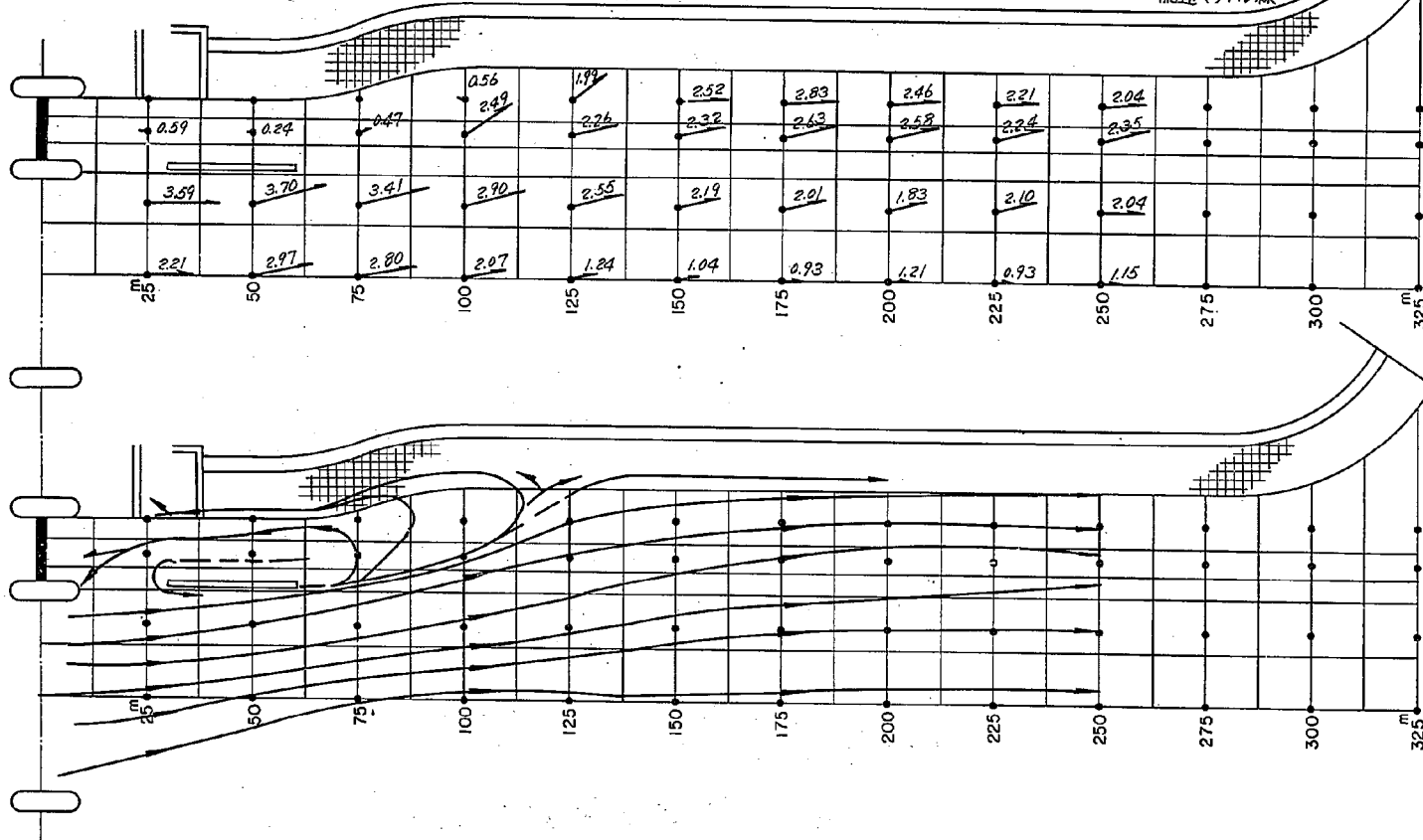


図-4.19 流速、流況線平面図 実験 19

流量	415.0 m ³ /s	ゲート天端高	—
上流水位	Y.P.+1.30 m	ゲート下端高	Y.P.-3.00 m
下流水位	Y.P. 0.00 m	ゲート開度	2.00 m
U.F		備考	

縮尺

0 10 20 30 40 m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 m/s

流速ベクトル線

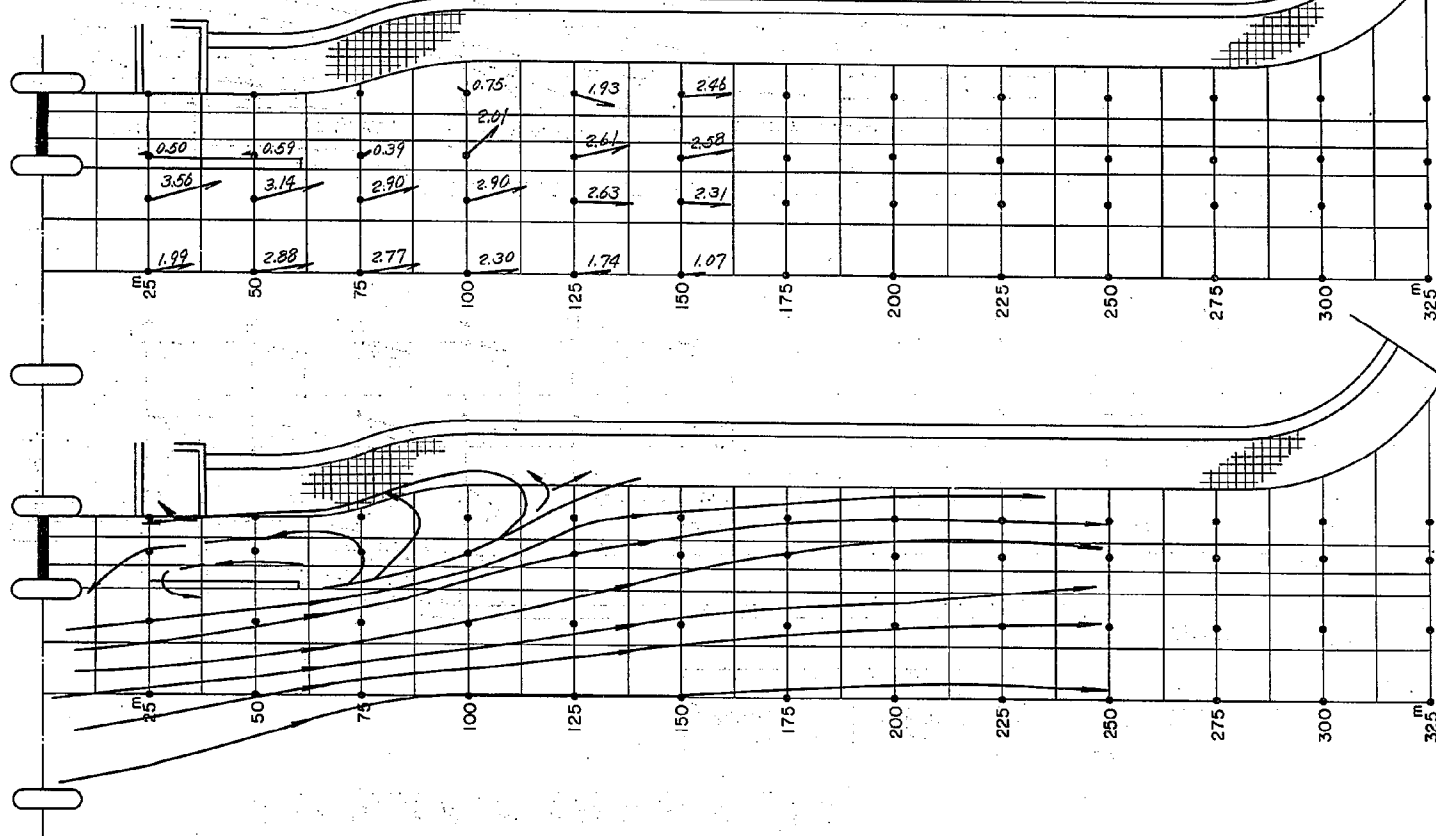


図-4.20 流速・流況線平面図 実験20

流 量	415.0 ^{m³/s}	ゲート天端高	—
上流水位	Y.P.+1.30 ^m	ゲート下端高	Y.P.-3.00 ^m
下流水位	Y.P.0.00 ^m	ゲート開度	2.00 ^m
	U.F.	備 考	

縮尺

0 10 20 30 40^m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8^{m/s}

流速ベクトル線

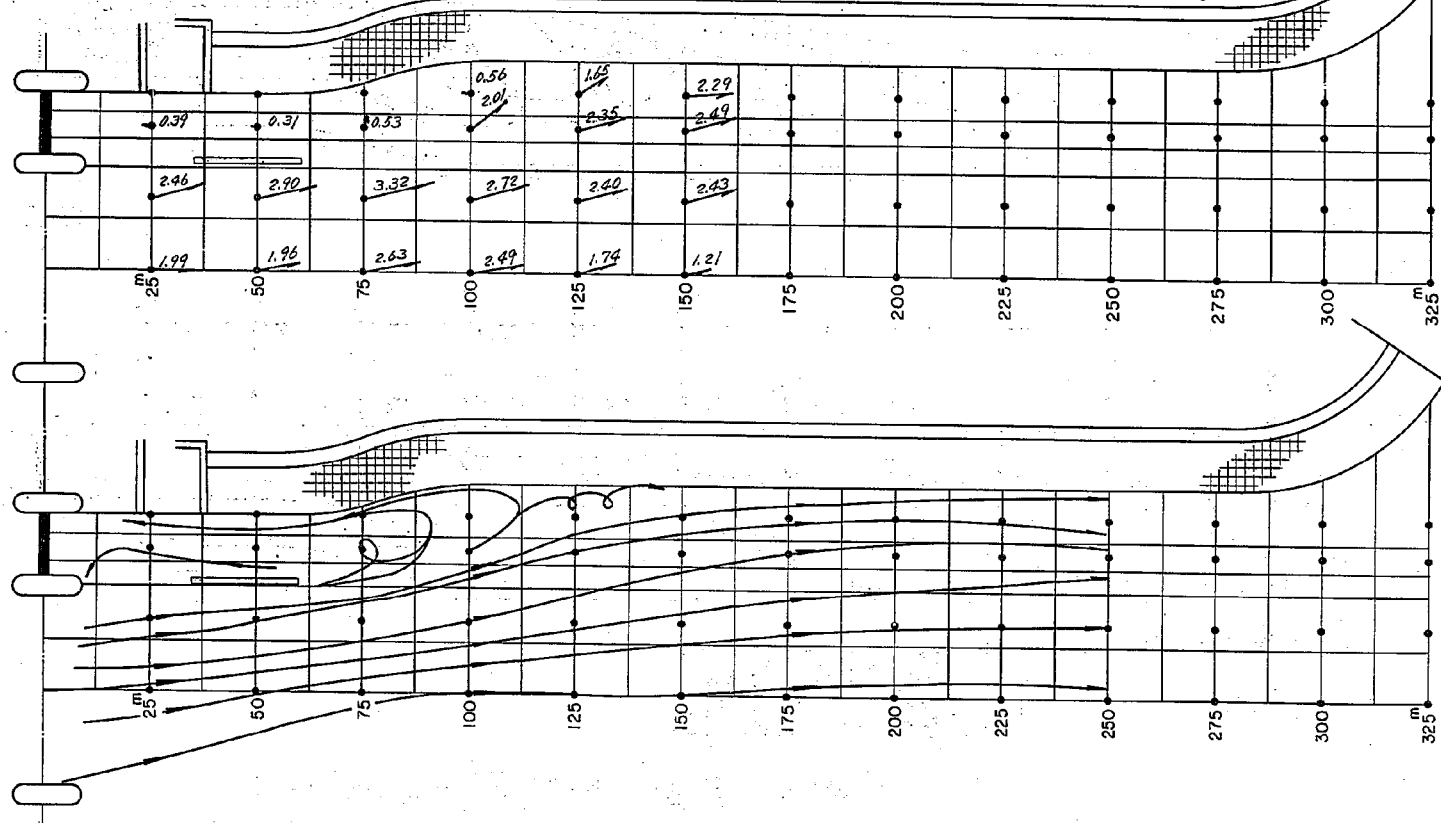


図-4.21 流速・流況線平面図 実験21

流量	415.0 m ³ /s	ゲート先端高	—
上流水位	Y.P. +1.30 m	ゲート下端高	Y.P. -3.00 m
下流水位	Y.P. 0.00 m	ゲート開度	2.00 m
U.F	備考		

縮尺

0 10 20 30 40 m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8 m/s

流速ベクトル線

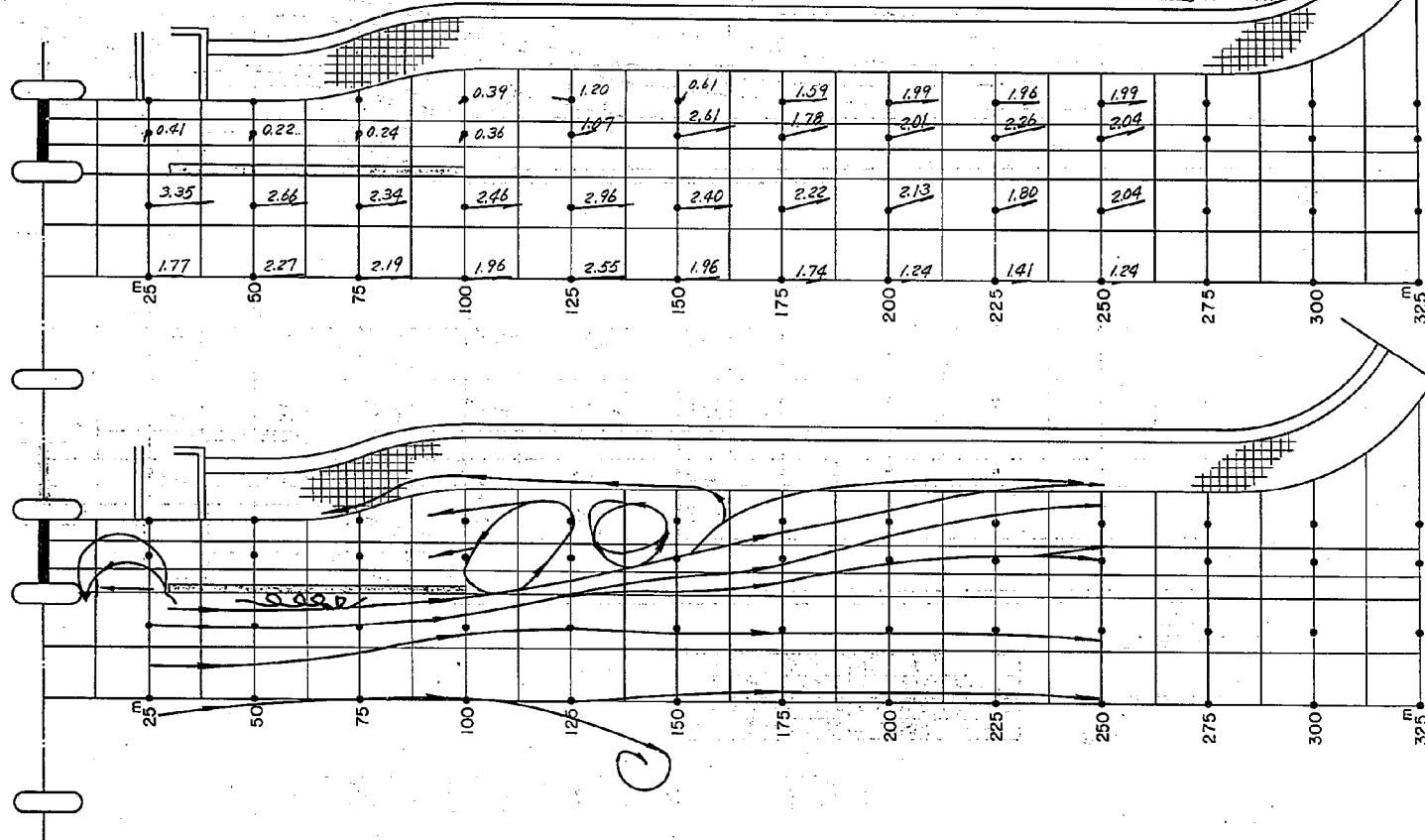


図-4.22 流速・流況線平面図 実験 22

流量	415.0 m ³ /s	ゲート天端高	—
上流水位	Y.P.+1.30 m	ゲート下端高	Y.P.-3.00 m
下流水位	Y.P.0.00 m	ゲート開度	2.00 m
	U.F	備考	

縮尺

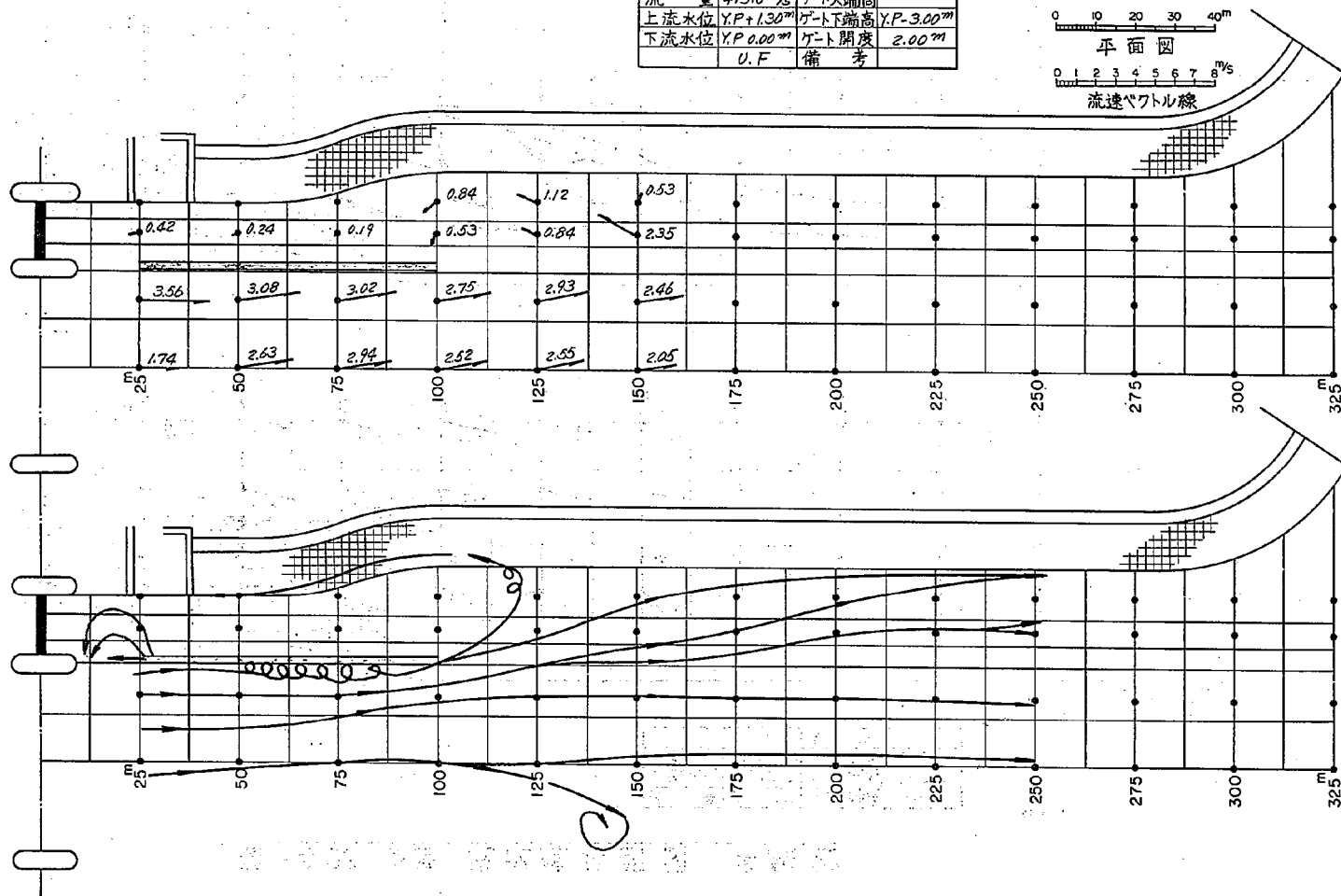


図-4.23 流速・流況線平面図 実験 23

流 量	115.0 m ³ /s	ゲ-ト天端高	—
上流水位	Y.P. +1.30 m	ゲ-ト下端高	Y.P. -3.00 m
下流水位	Y.P. 0.00 m	ゲ-ト開度	2.00 m
	U. F	備 考	

縮尺

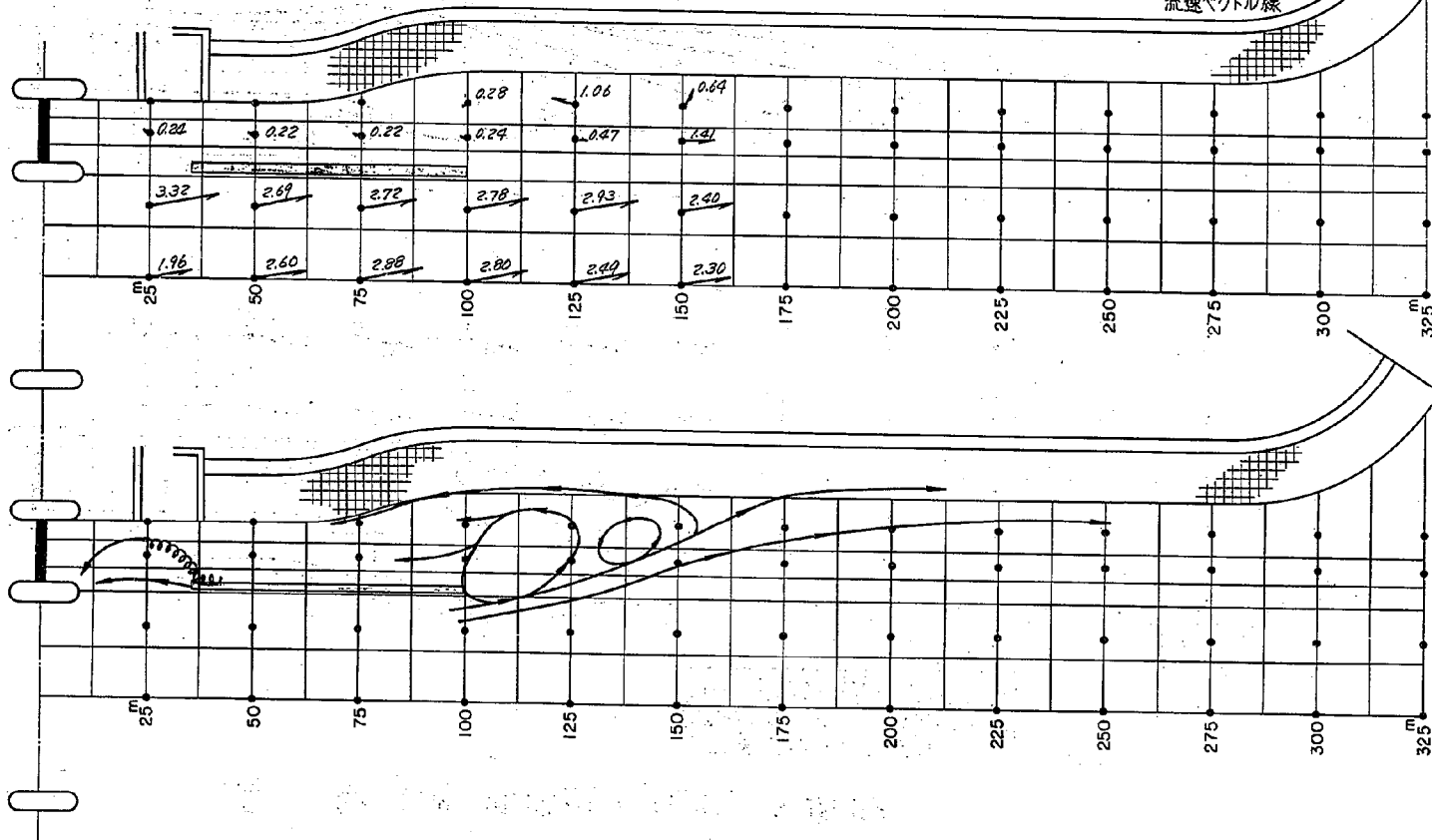


図-4.24 流速・流況線平面図 実験24

流量	2672 m ³ /s	ゲート天端高	YF-1.00m
上流水位	YF+1.30m	ゲート下端高	—
下流水位	YF0.00m	ゲート開度	—
	0. F	備考	—

縮尺

0 10 20 30 40m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 m/s

流速ベクトル線

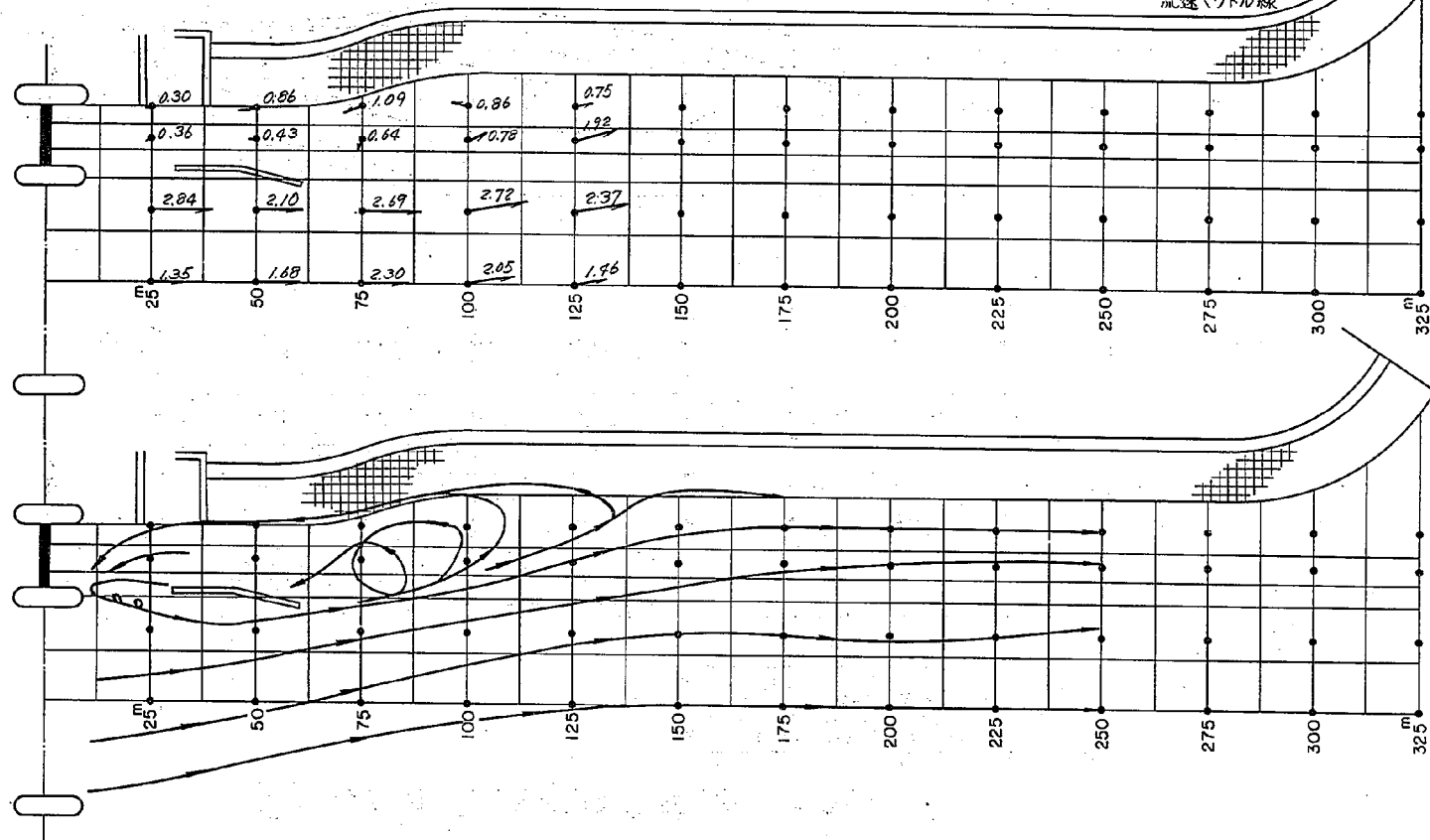


図-4.25 流速・流況線平面図 実験 25

流 量	267.2m ³ /s	ゲート天端高	Y.P.-1.00m
上流水位	Y.P.+1.30m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P. 0.00m	ゲート開度	—
	0. F	備 考	—

縮尺

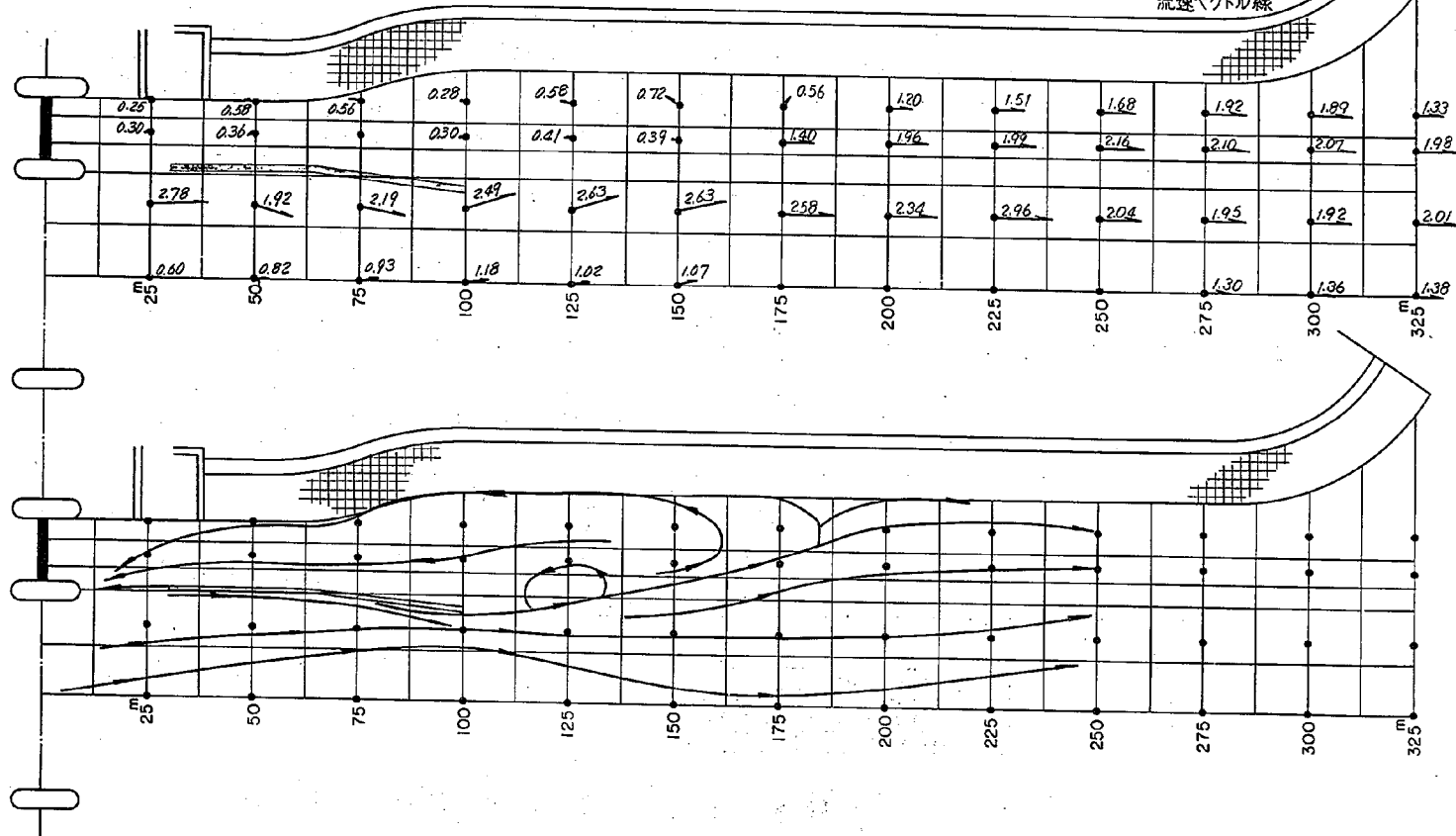
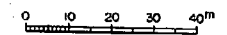


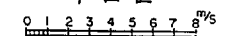
図-4.26 流速・流況線平面図 実験 26

流 量	267.2 ^{m³/s}	ゲート天端高	YP-1.00 ^m
上流水位	YP+1.30 ^m	ゲート下端高	—
下流水位	YP 0.00 ^m	ゲート開度	—
	0. F	備 考	

縮尺



平面図



流速ベクトル線

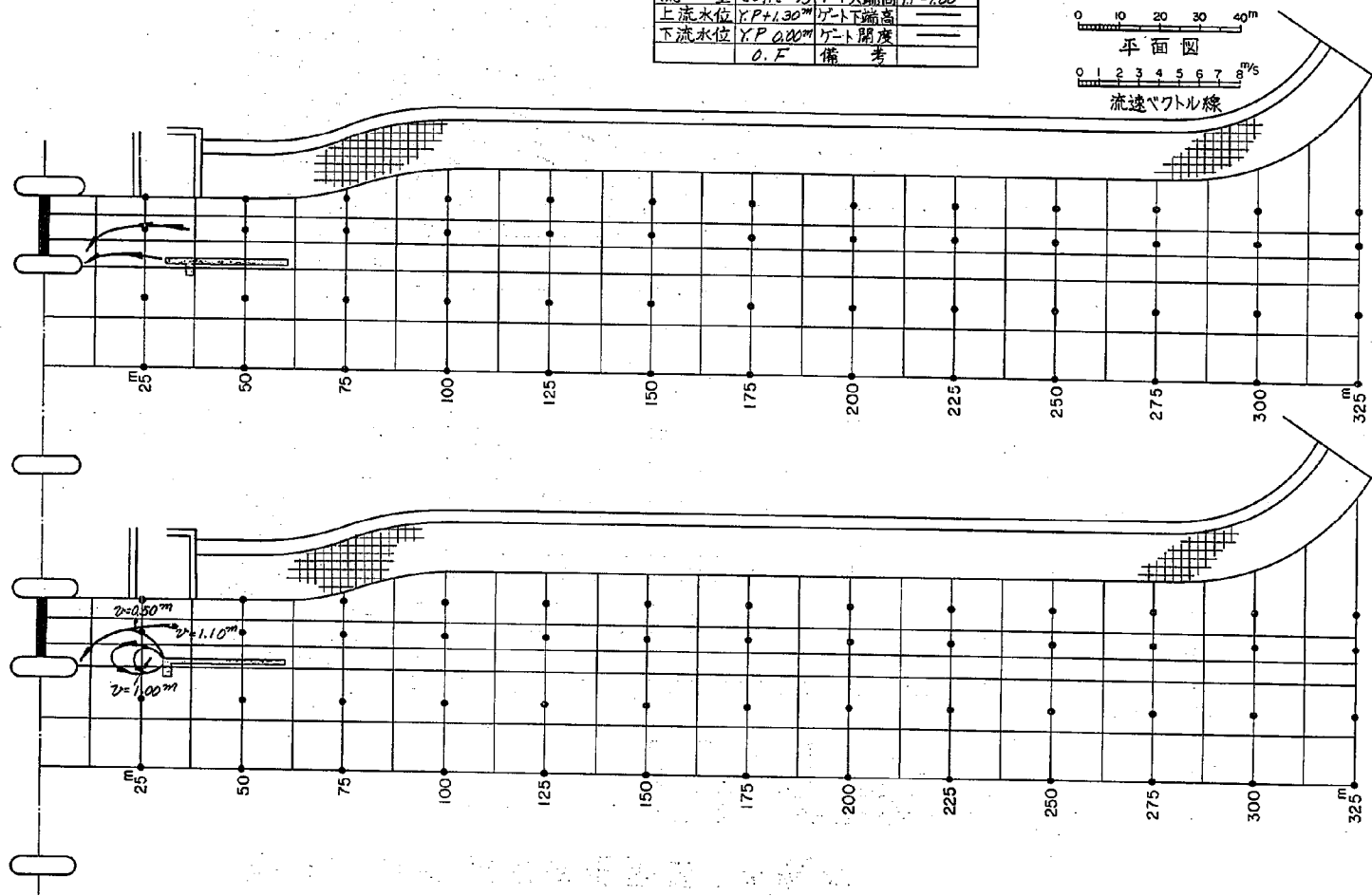


図-4.27 流速・流況線平面図 実験 27

流量	267.2 m ³ /s	ゲート天端高	YP-1.00 m
上流水位	YP+1.30 m	ゲート下端高	—
下流水位	YP 0.00 m	ゲート開度	—
	0. F	備考	—

縮尺

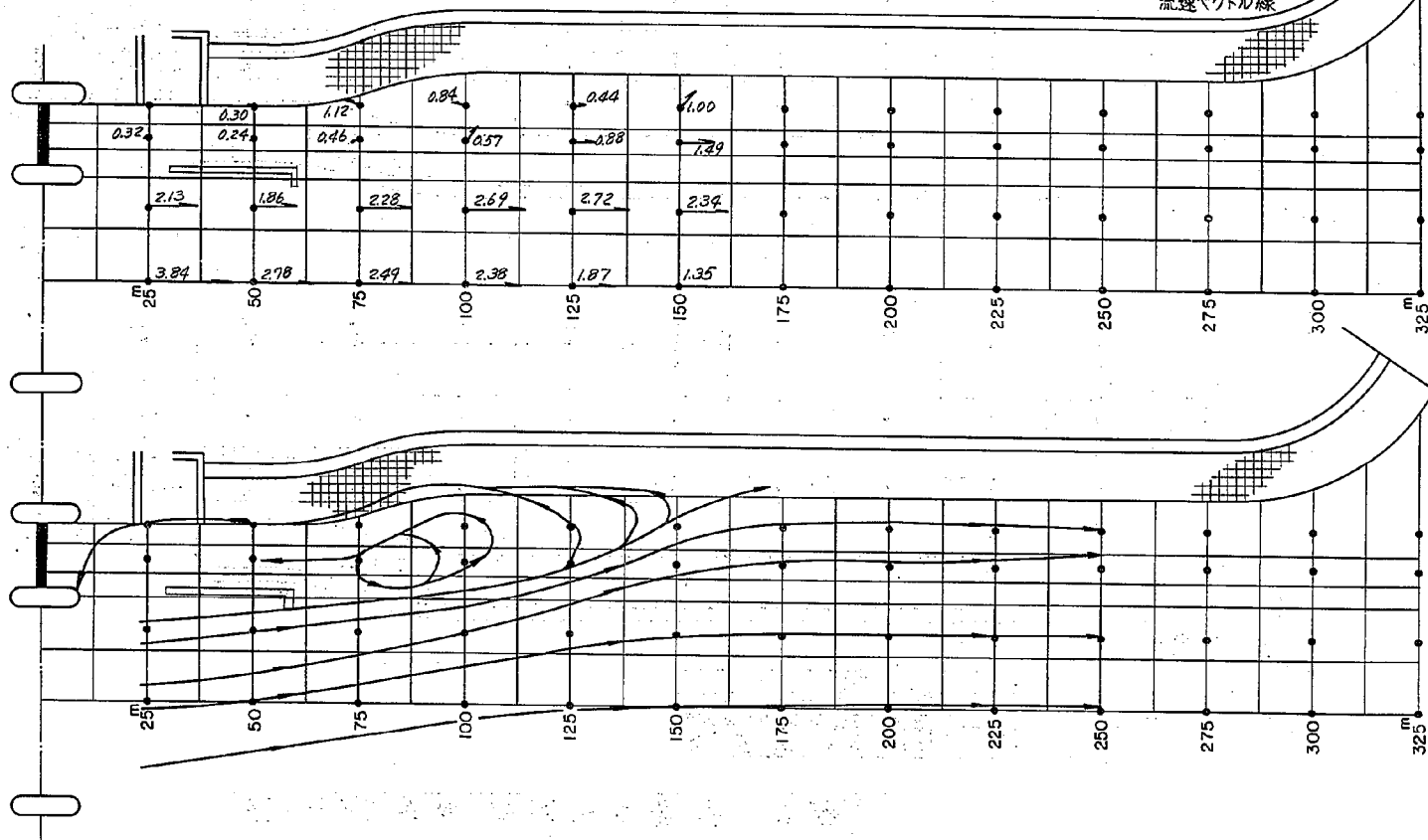


図-4.28 流速・流況線平面図 実験 28

流量	267.8 m³/s	ゲート端高	YP-1.00m
上流水位	YP+1.30m	ゲート下端高	——
下流水位	YP 0.00m	ゲート開度	——
	O.F	備考	——

縮尺

0 10 20 30 40m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 m/s

流速ベクトル線

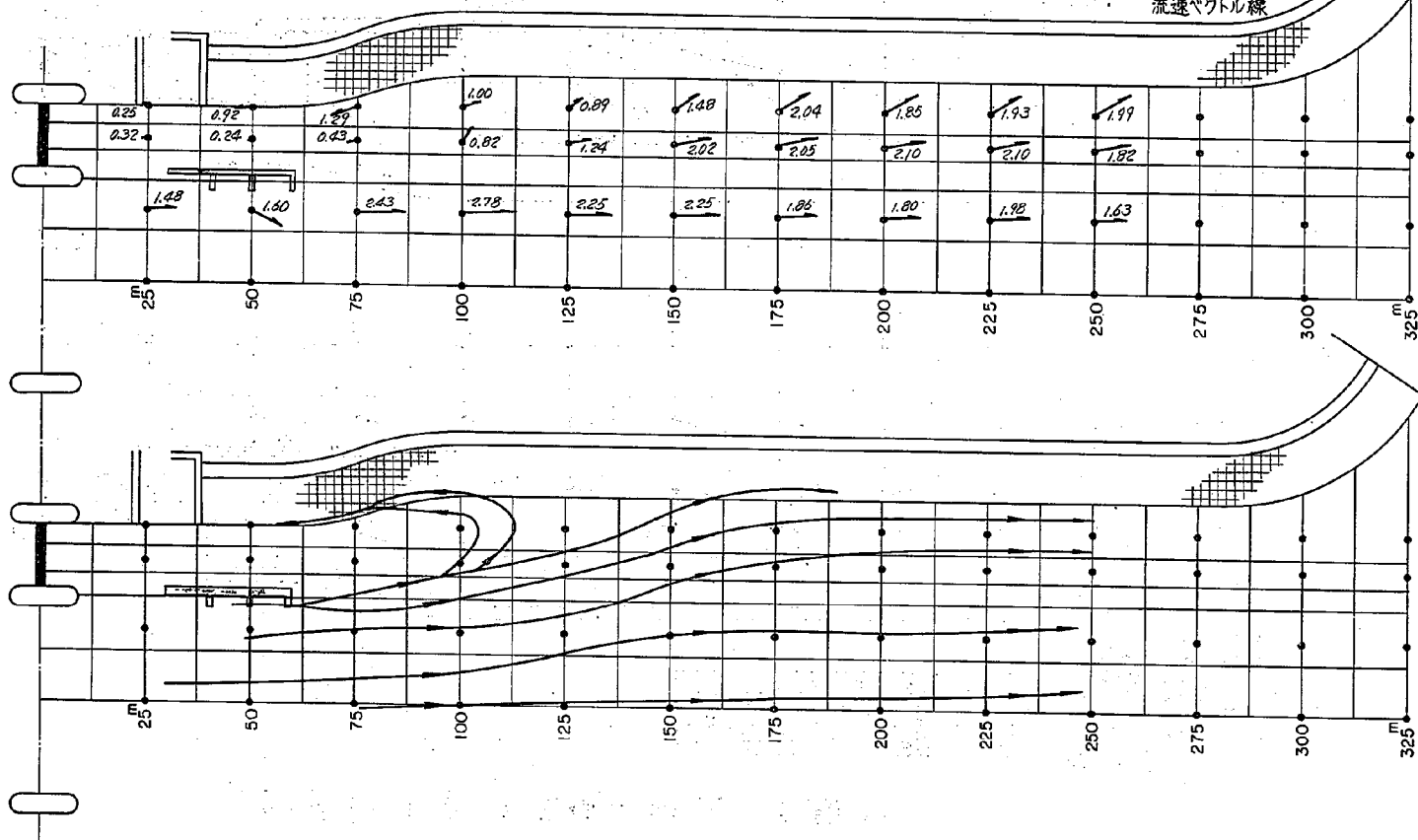


図-4.29 流速・流況線平面図 実験 29

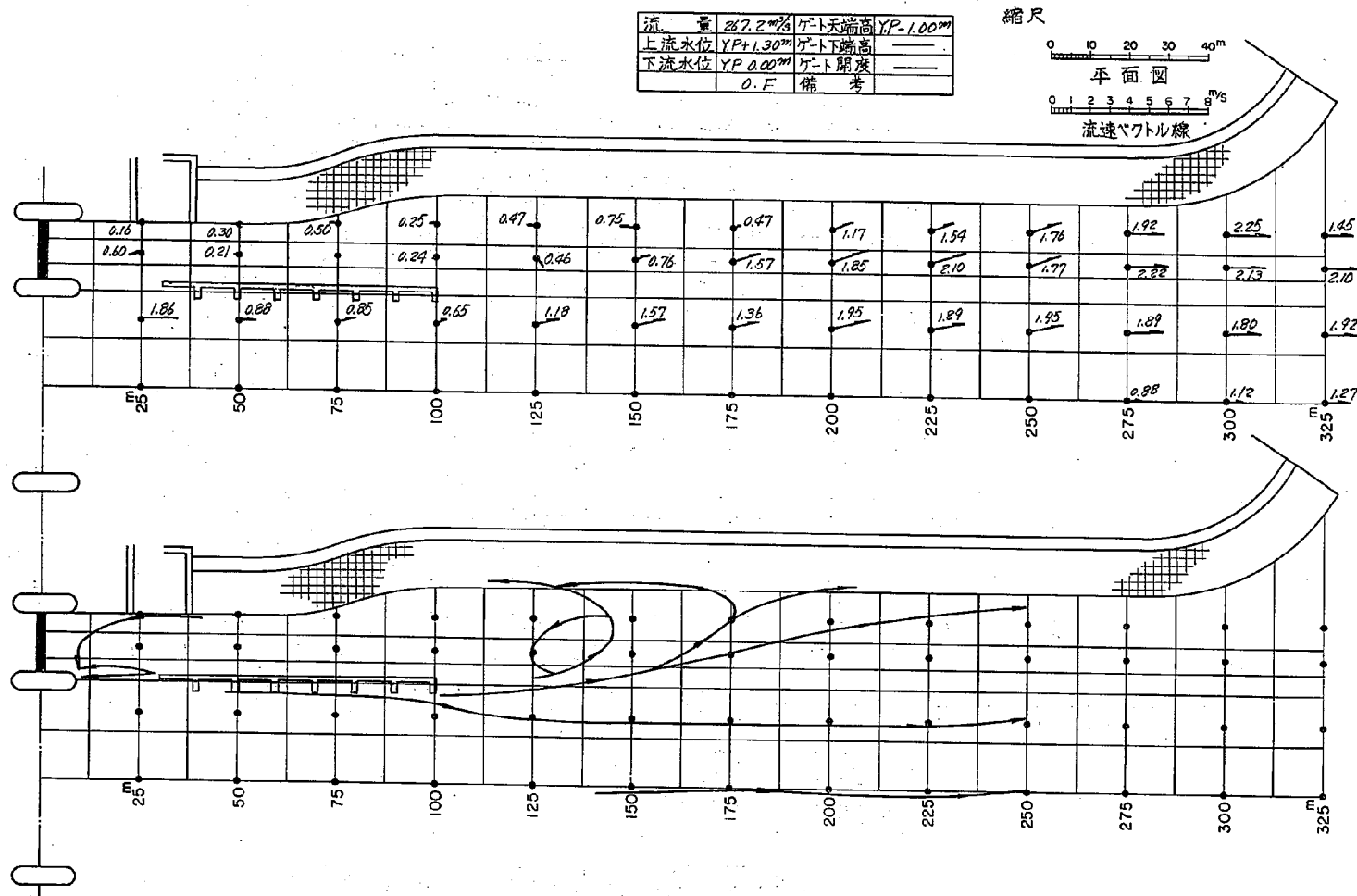
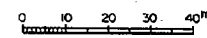


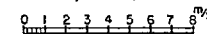
図-4.30 流速・流況線平面図 実験30

流 量	267.2 m ³ /s	ゲート天端高	YP-1.00 m
上流水位	YP+1.30 m	ゲート下端高	—
下流水位	YP 0.00 m	ゲート開度	—
	0. F	備 考	

縮尺



平面図



流速ベクトル線

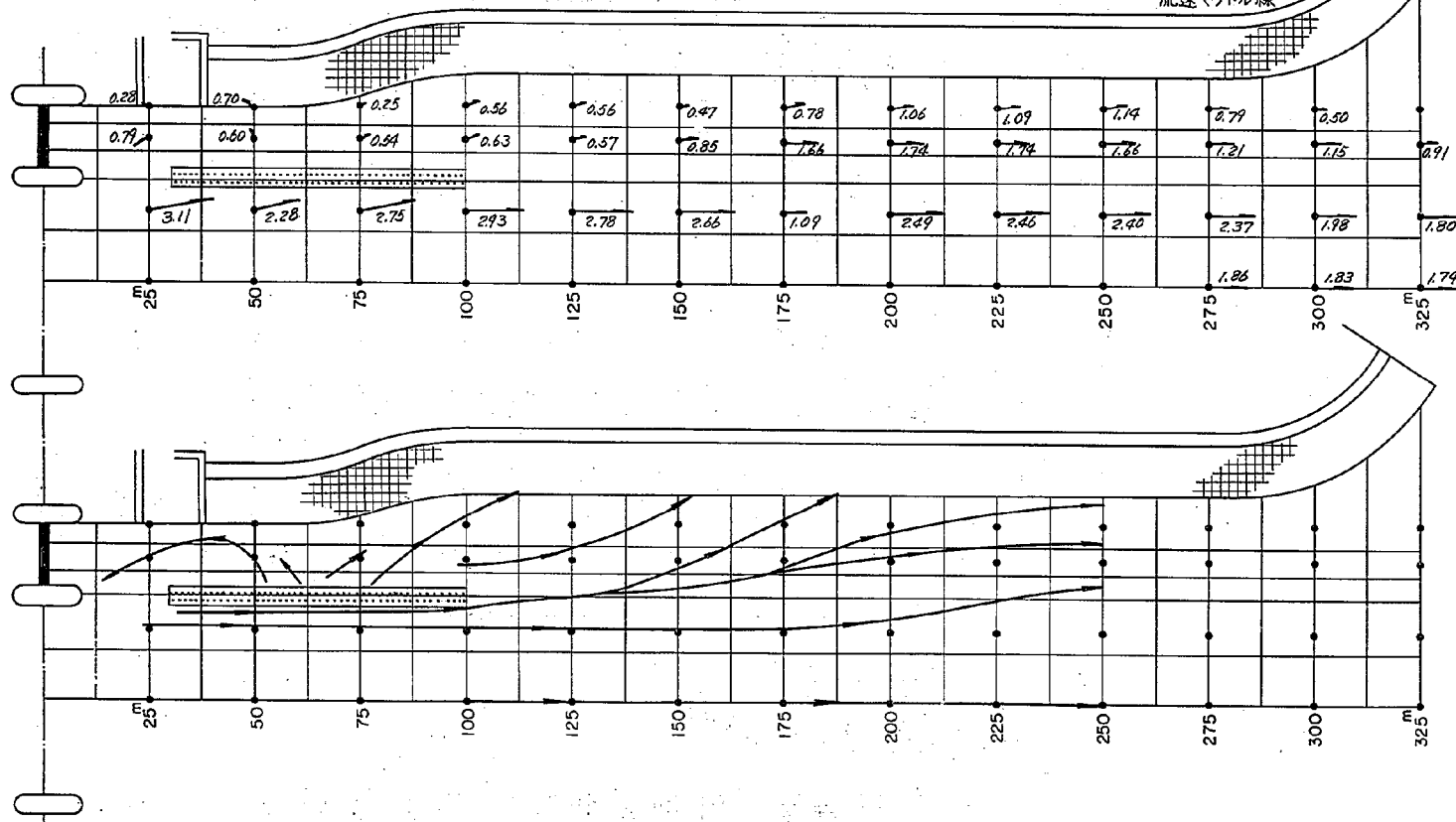


図-4.31 流速・流況線平面図 実験31

流量	267.2 m ³ /s	ゲート天端高	Y.P. 1.00 m
上流水位	Y.P. 1.30 m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P. 0.00 m	ゲート開度	—
	0. F	備考	

縮尺

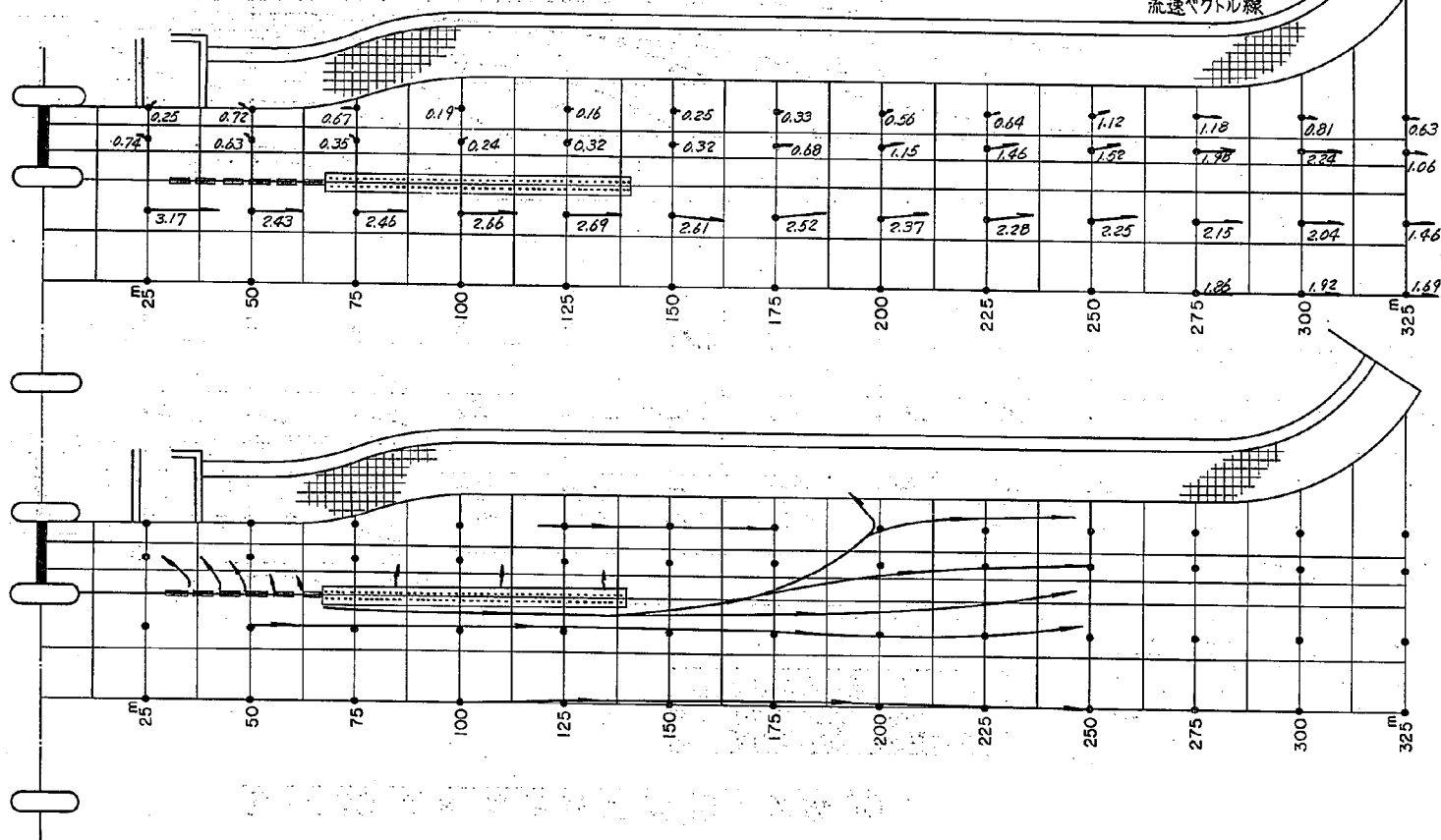


図-4.32 流速・流況線平面図 実験32

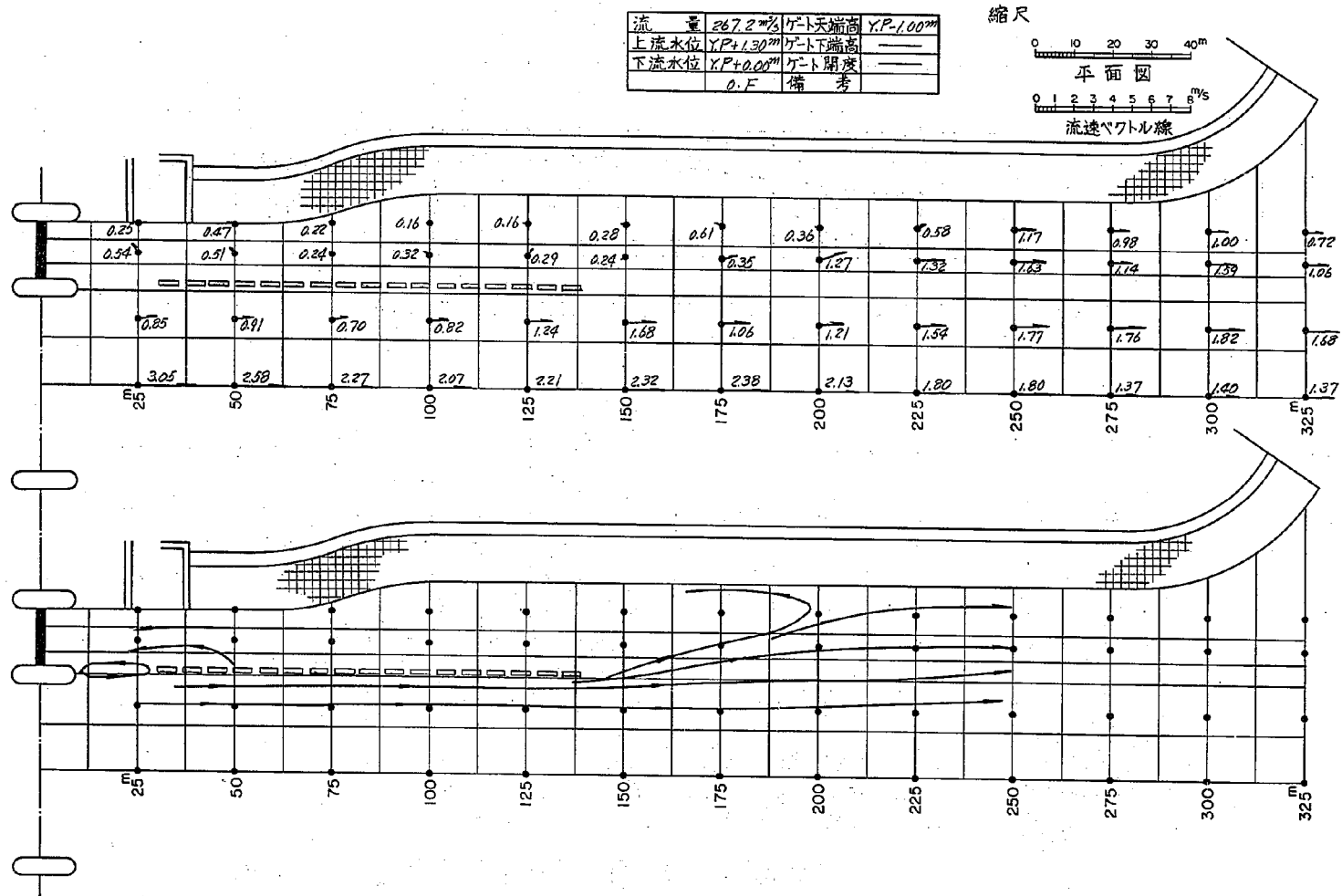


図-4.33 流速、流況線平面図 実験33

流量	267.2 ^{m³/s}	ゲート下端高	YP-1.00 ^m
上流水位	YP+1.30 ^m	ゲート下縁高	—
下流水位	YP 0.00 ^m	ゲート開度	—
	0. F	備考	

縮尺

0 10 20 30 40^m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8^{m/s}

流速ベクトル線

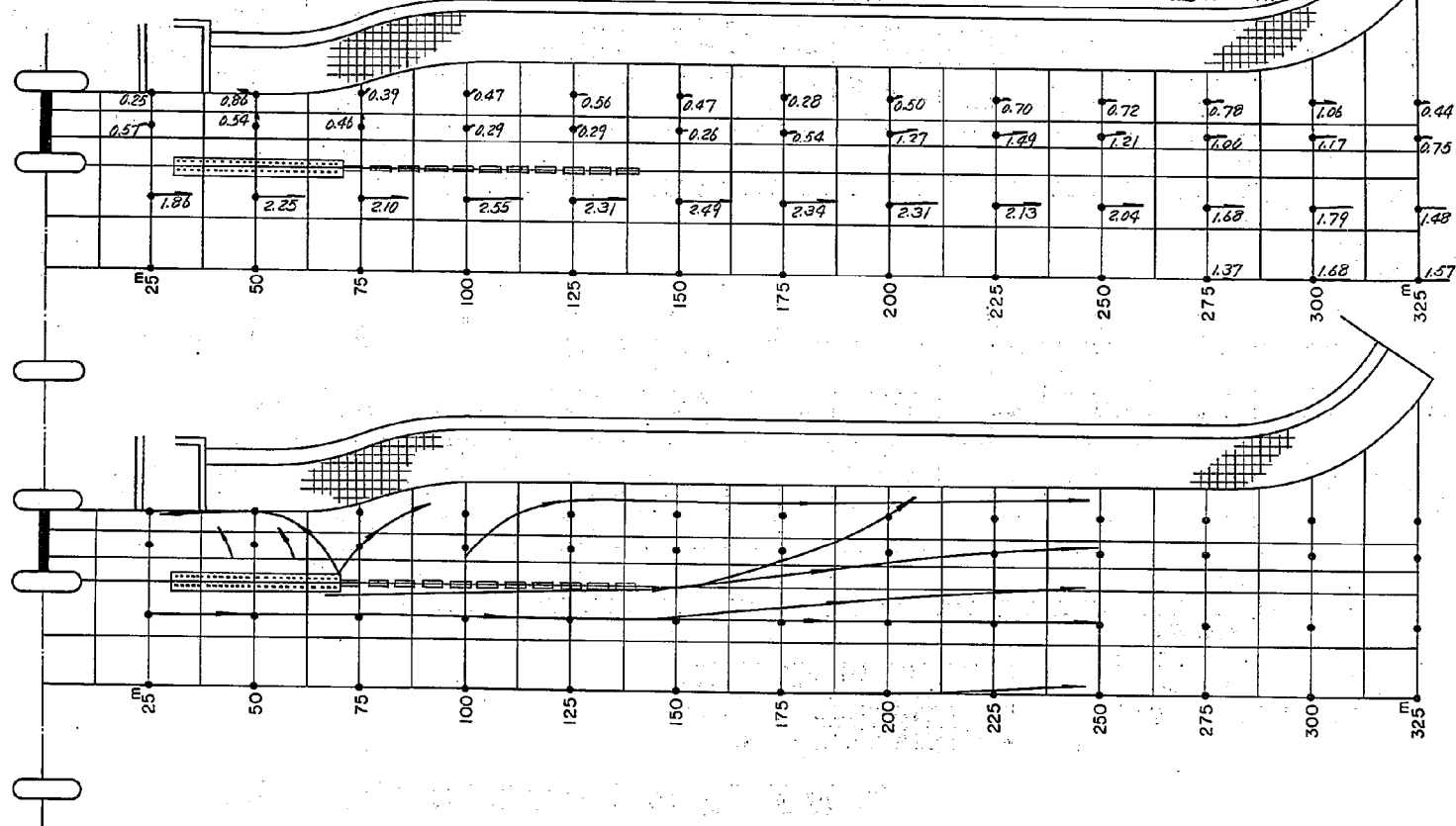


図-4.34 流速・流況線平面図 実験34

流 量	267.2 m³/s	ゲート天端高	Y.P. 1.00 m
上流水位	Y.P. +1.30 m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P. 0.00 m	ゲート開度	—
	0. F	備 考	

縮尺

0 10 20 30 40 m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8 m/s

流速ベクトル線

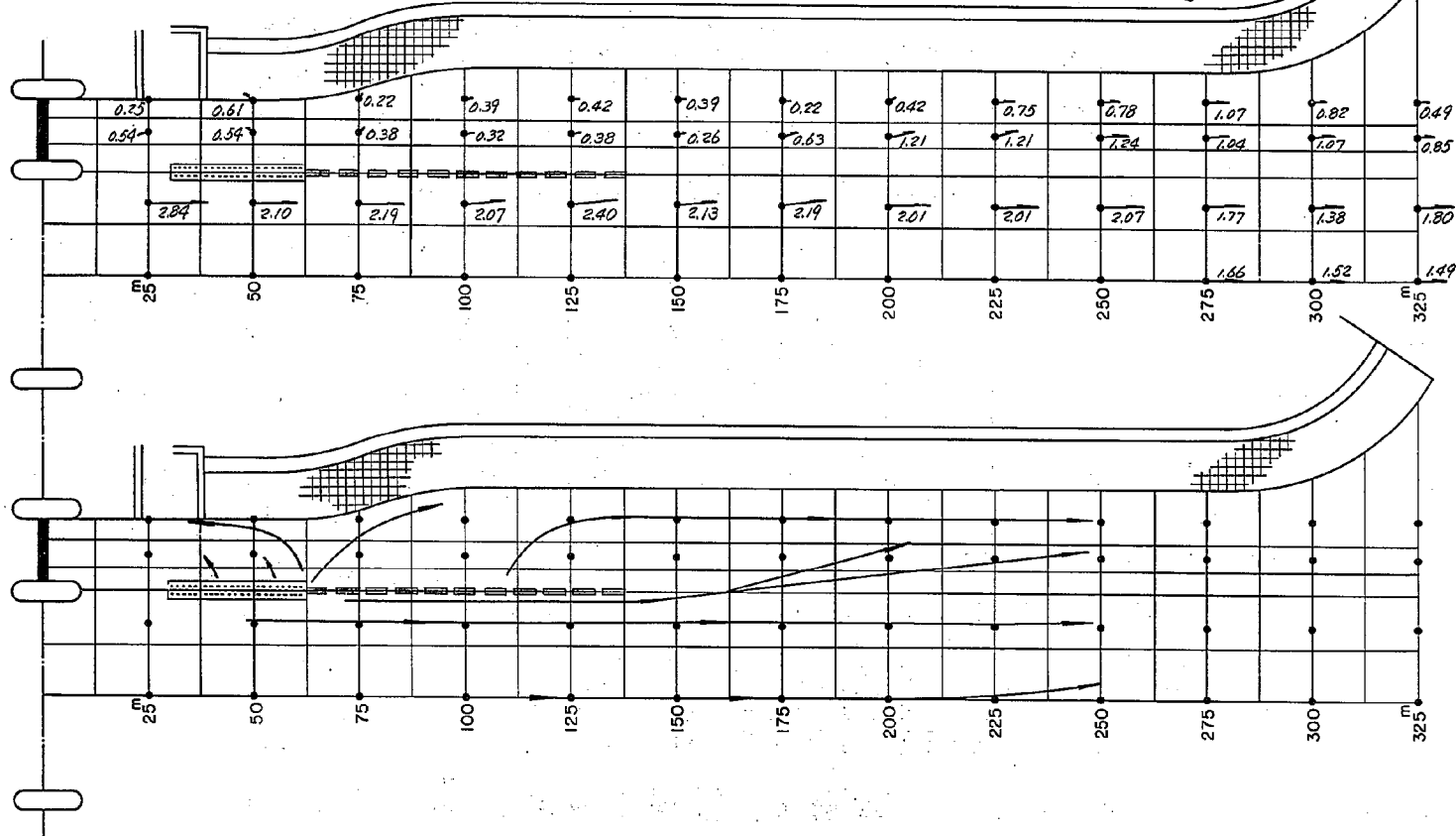


図-4.35 流速・流況線平面図 実験 35

流量	267.2 m ³ /s	ゲート天端高	Y.P. 1.00 m
上流水位	Y.P. +1.30 m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P. 0.00 m	ゲート開度	—
	0. F	備考	—

縮尺

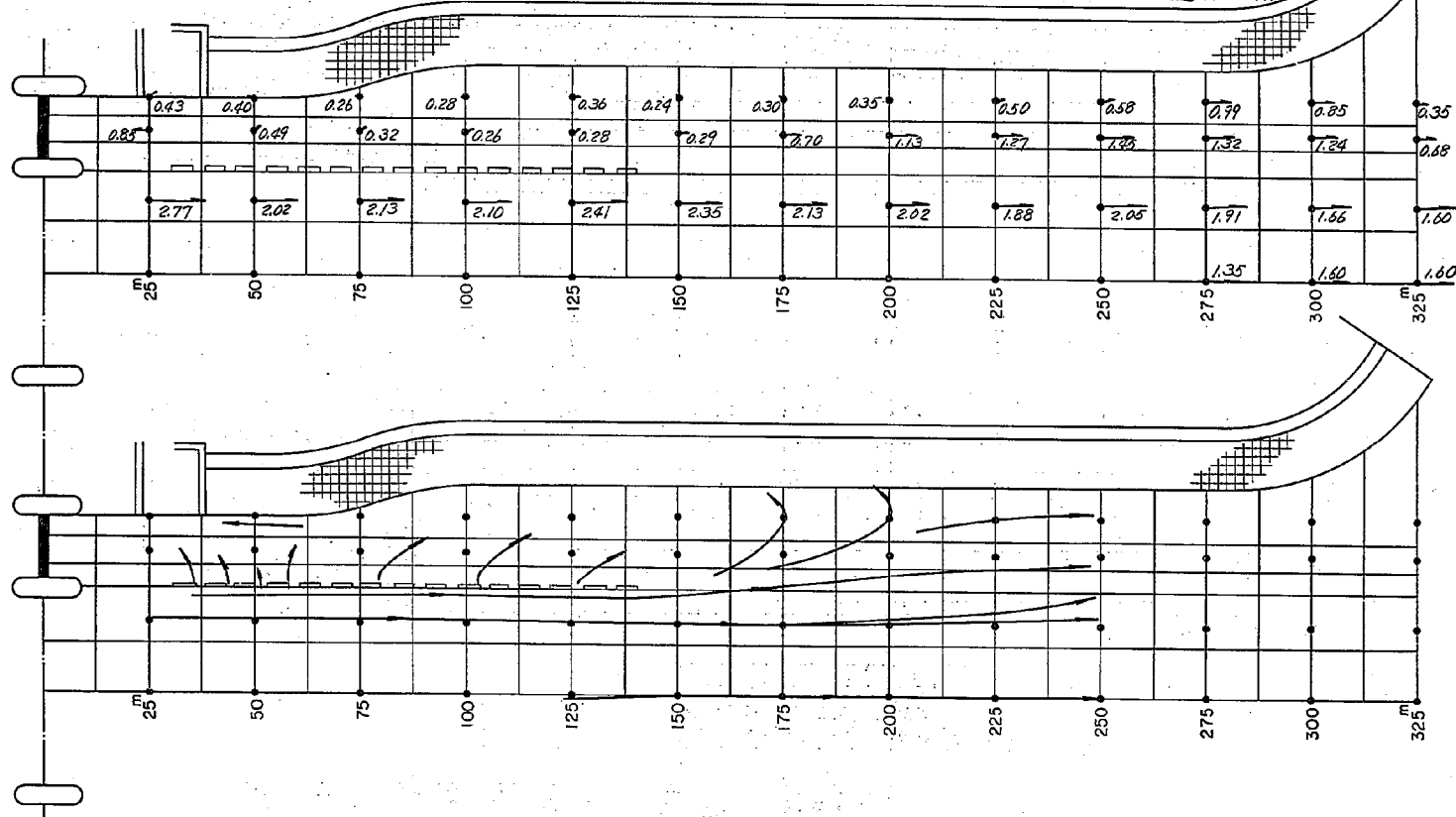


図-4.36 流速・流況線平面図 実験36

流量	267.2 ^{m³/s}	ゲート天端高	Y.P.-1.00m
上流水位	Y.P.+1.30m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P.0.00m	ゲート開度	—
	0.F	備考	—

縮尺

0 10 20 30 40m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8 m/s

流速ベクトル線

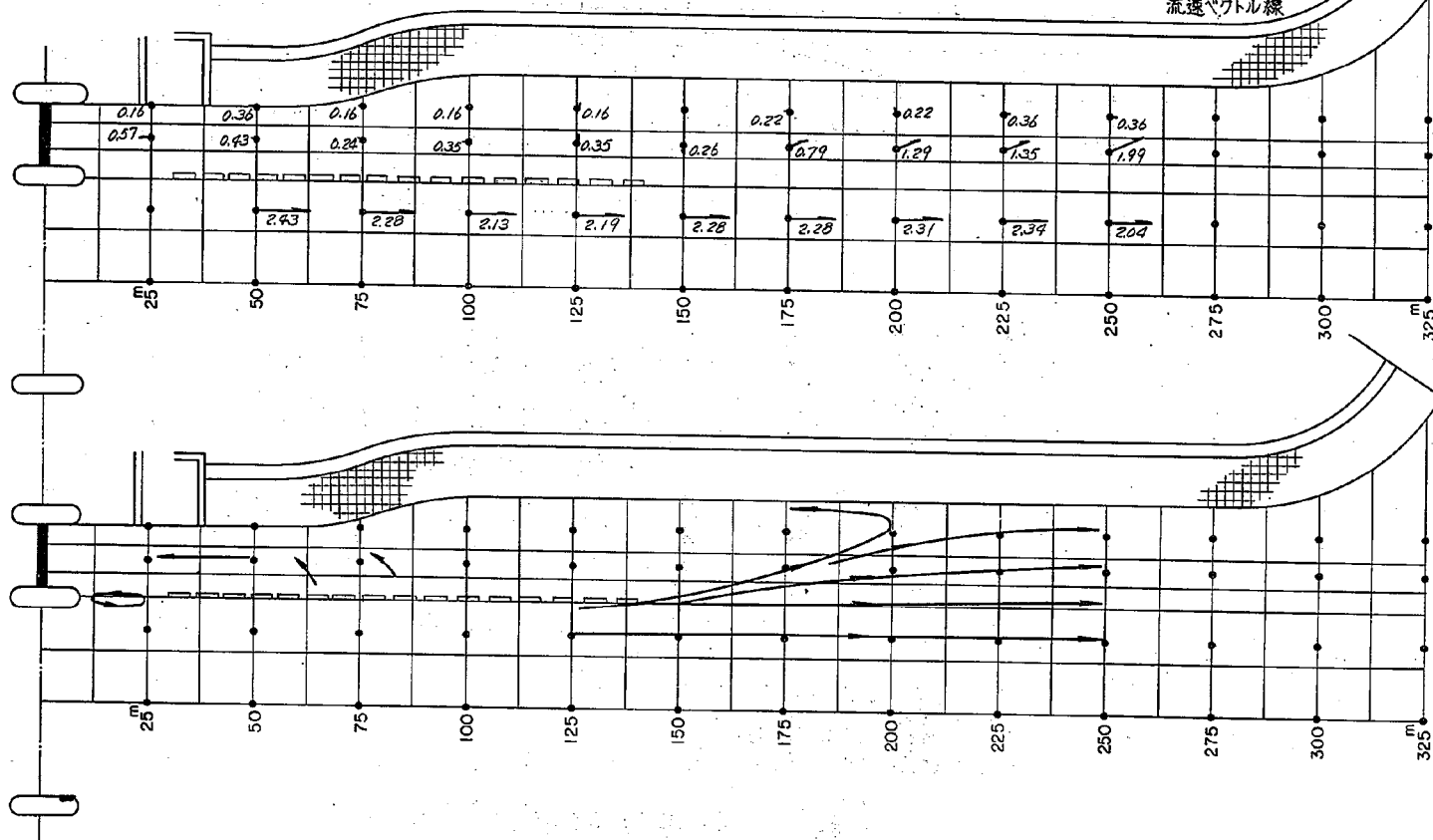


図-4.37 流速、流況線平面図 実験37

流量	267.2 ^{m³/s}	ゲート下端高	Y.P.-1.00 ^m
上流水位	Y.P.+1.30 ^m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P.0.00 ^m	ゲート開度	—
	0. F	備考	—

縮尺

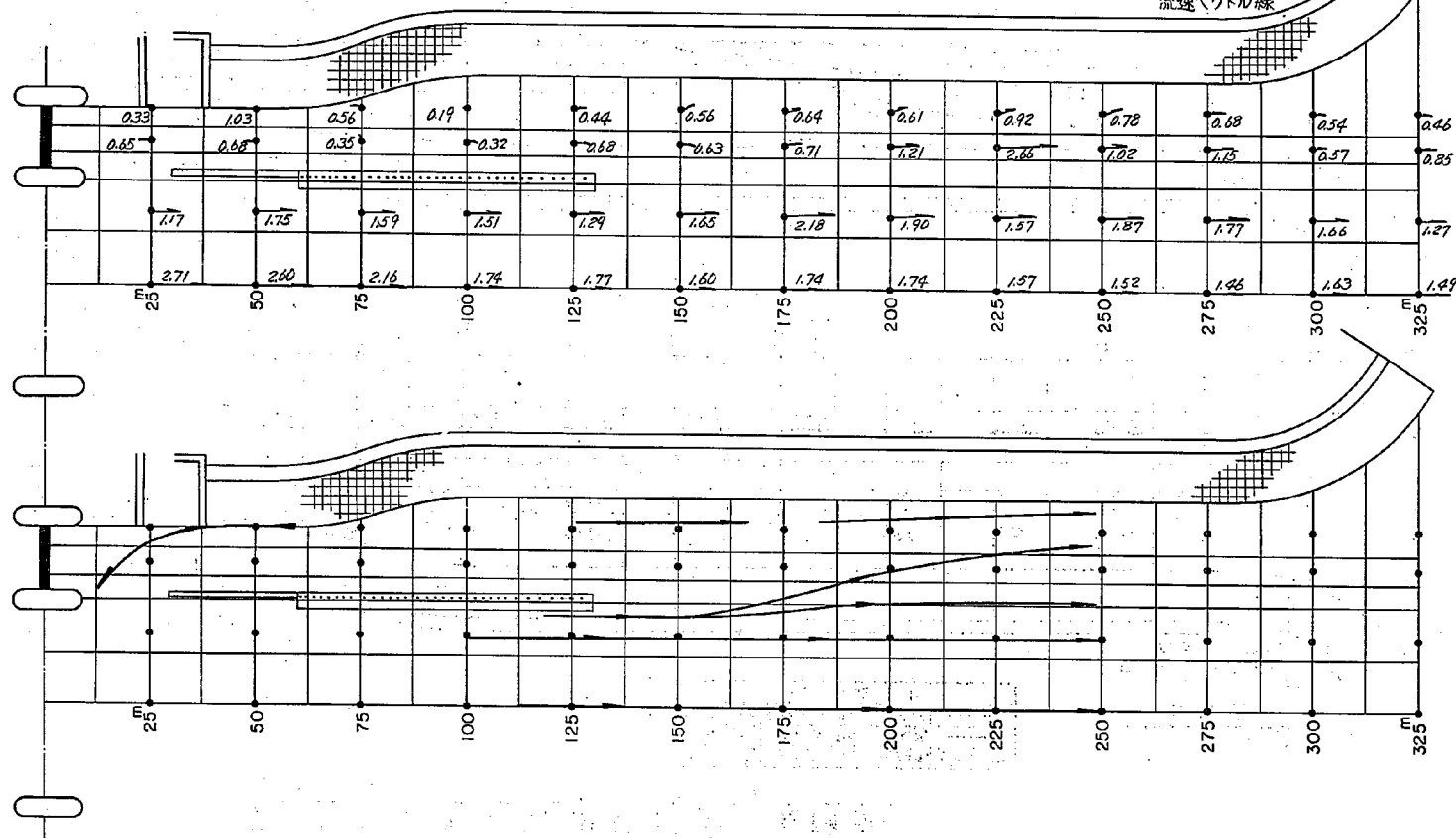


図-4.38 流速・流況線平面図 実験38

流 量	267.2 m ³ /s	ゲート天端高	Y.P.-1.00m
上流水位	Y.P.+1.30m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P. 0.00m	ゲート開度	—
	0.1F	備考	—

縮尺

0 10 20 30 40m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8m/s

流速ベクトル線

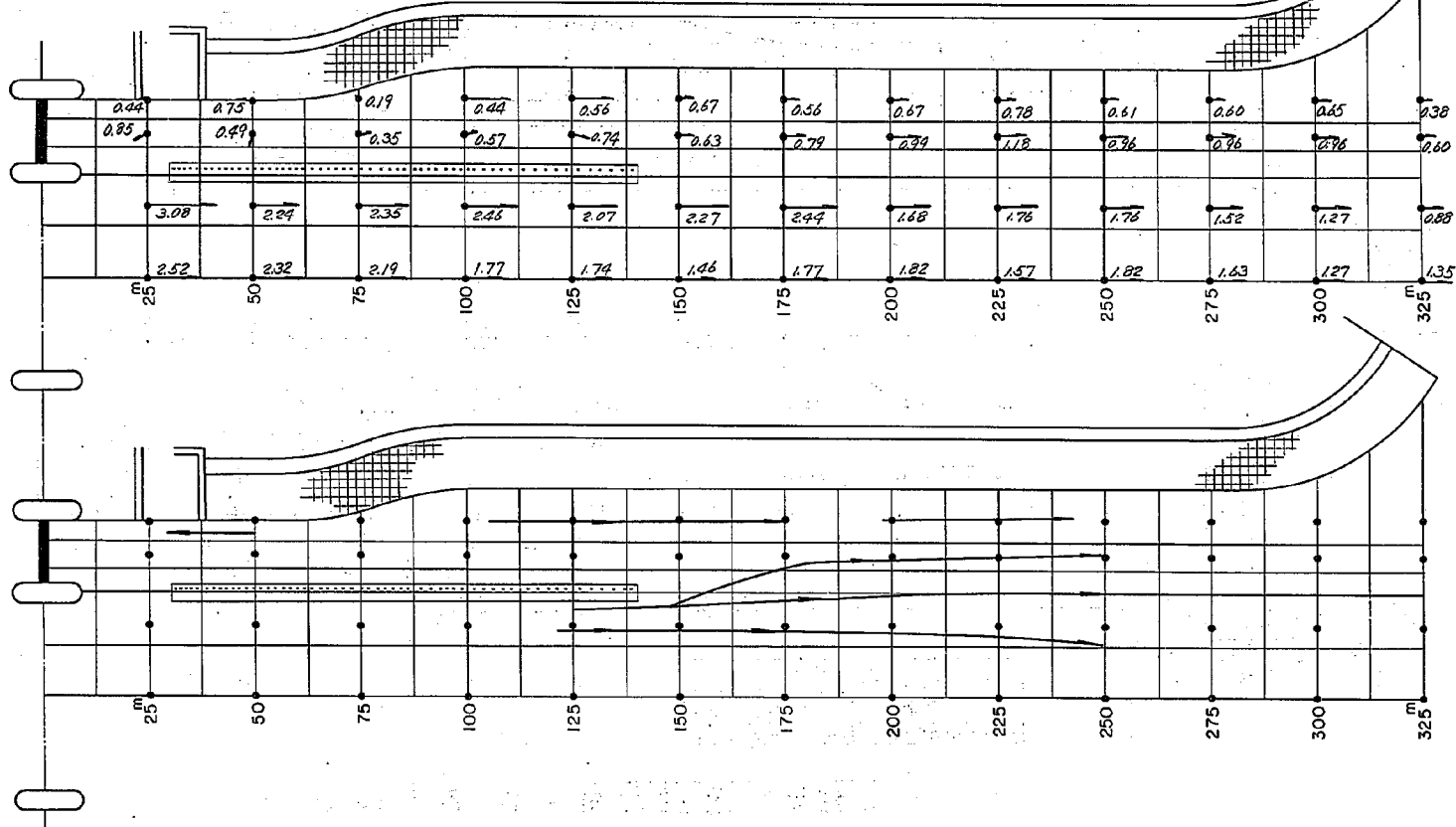


図-4.39 流速・流況線平面図 実験 39

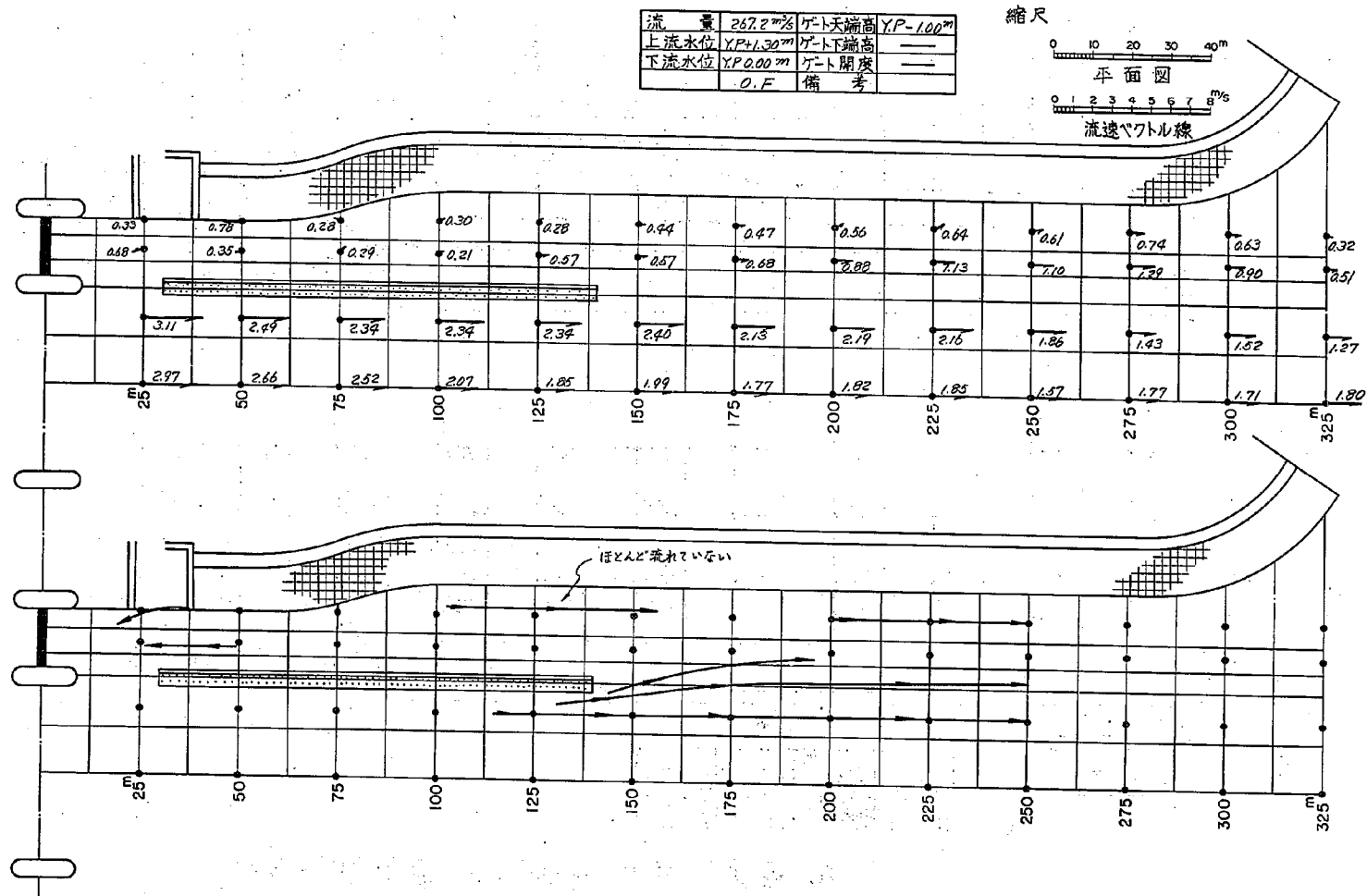
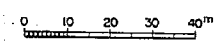


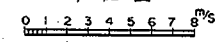
図-4.40 流速・流況線平面図 実験 40

流量	267.2 m³/s	ゲート先端高	Y.P.-1.00m
上流水位	Y.P.+1.30m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P.0.00m	ゲート開度	—
		備考	—

縮尺



平面図



流速ベクトル線

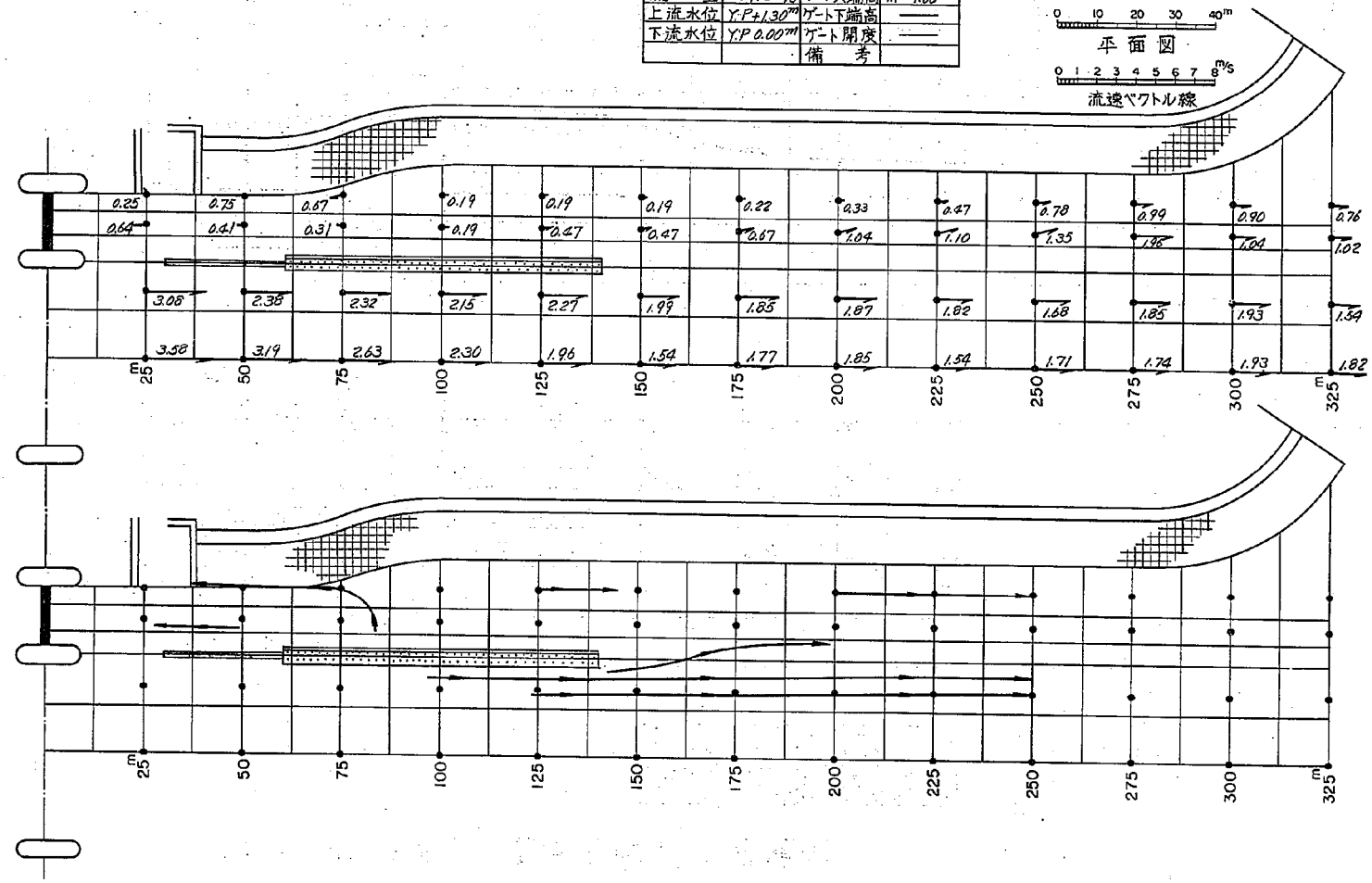


図-4.41 流速、流況線平面図 実験41

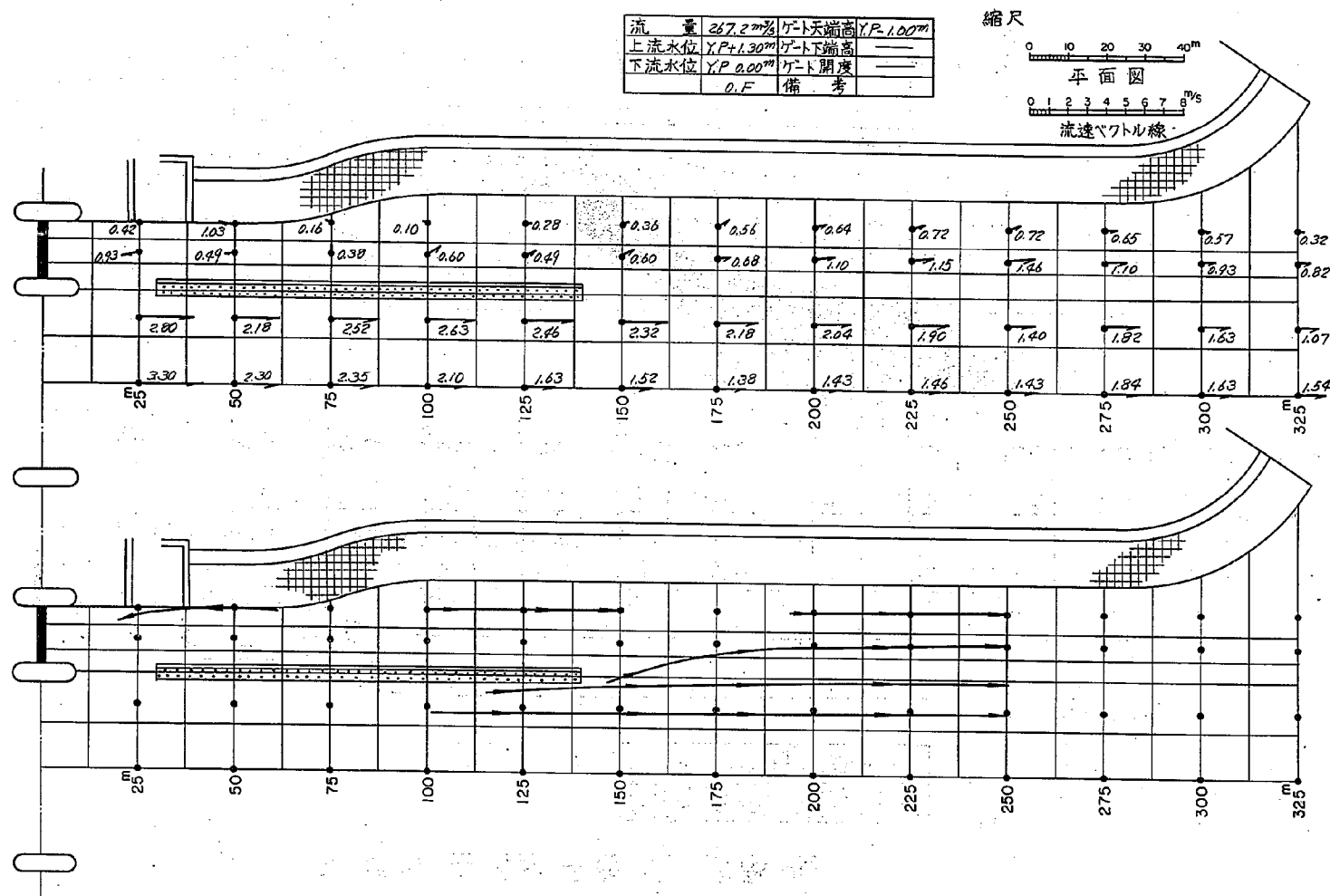


図-4.42 流速・流況線平面図 実験 42

流量	267.2 m ³ /s	ゲート下端高	Y.P.-1.00 m
上流水位	Y.P.+1.30 m	ゲート下縁高	—
下流水位	Y.P.+0.00 m	ゲート開度	—
	0. F	備考	—

縮尺

0 10 20 30 40 m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8 m/s

流速ベクトル線

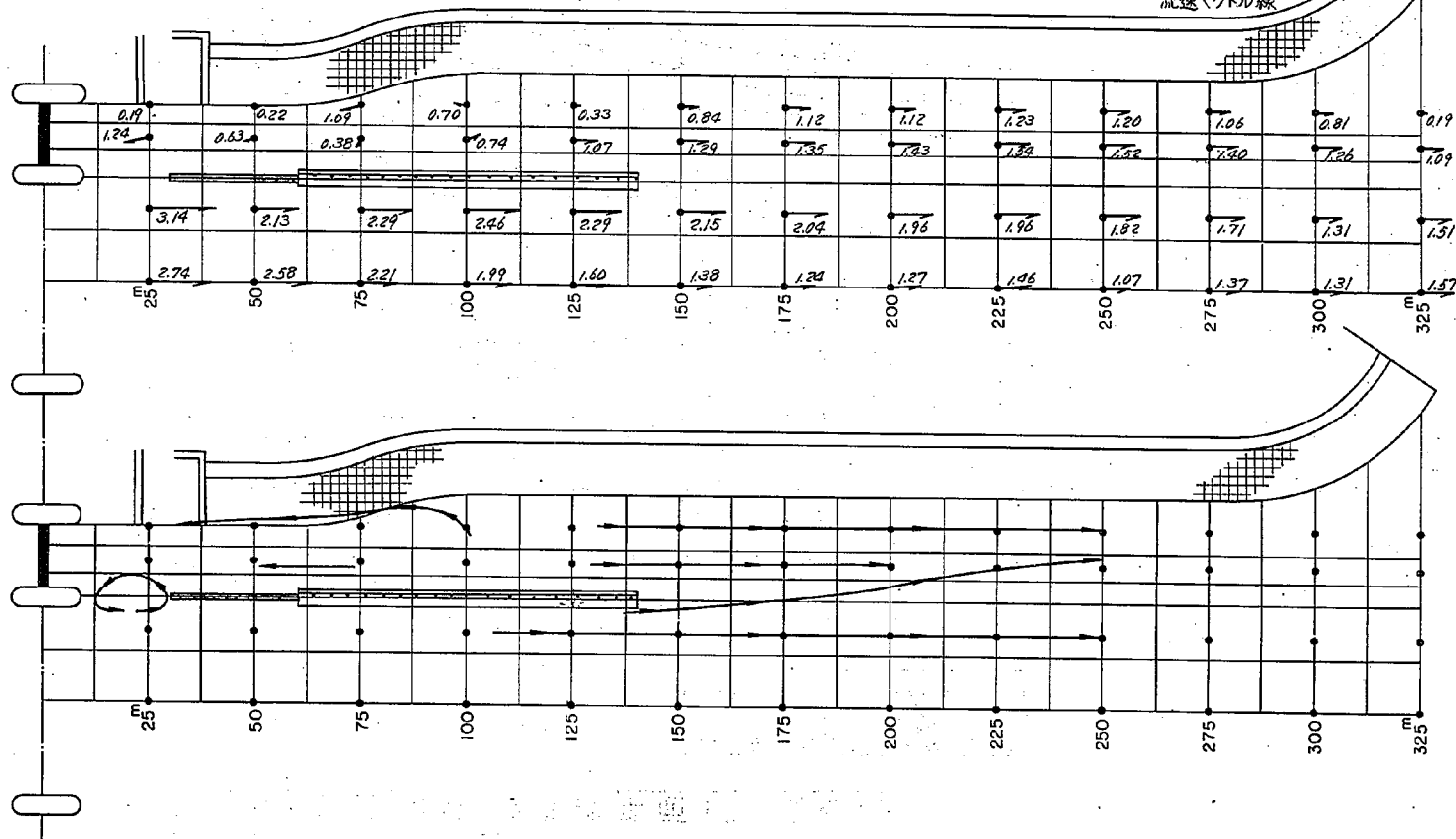


図-4.43 流速、流況線平面図 実験43

流量	267.2 m ³ /s	ゲート天端高	Y.P. 1.00 m
上流水位	Y.P. +1.30 m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P. 0.00 m	ゲート開度	—
	0. F.	備考	—

縮尺

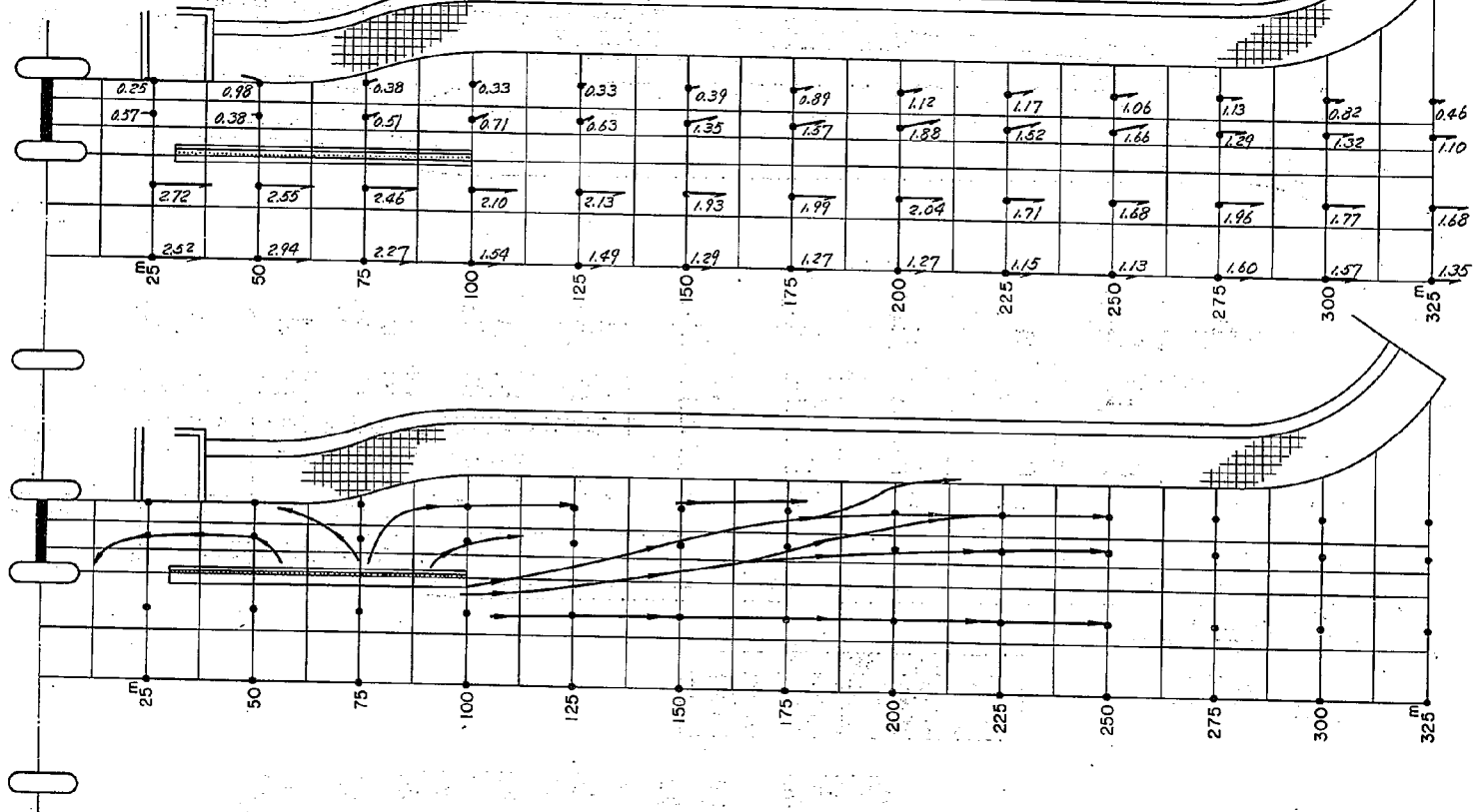
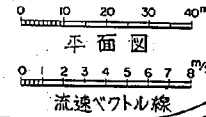


図-4.44 流速・流況線平面図 実験44

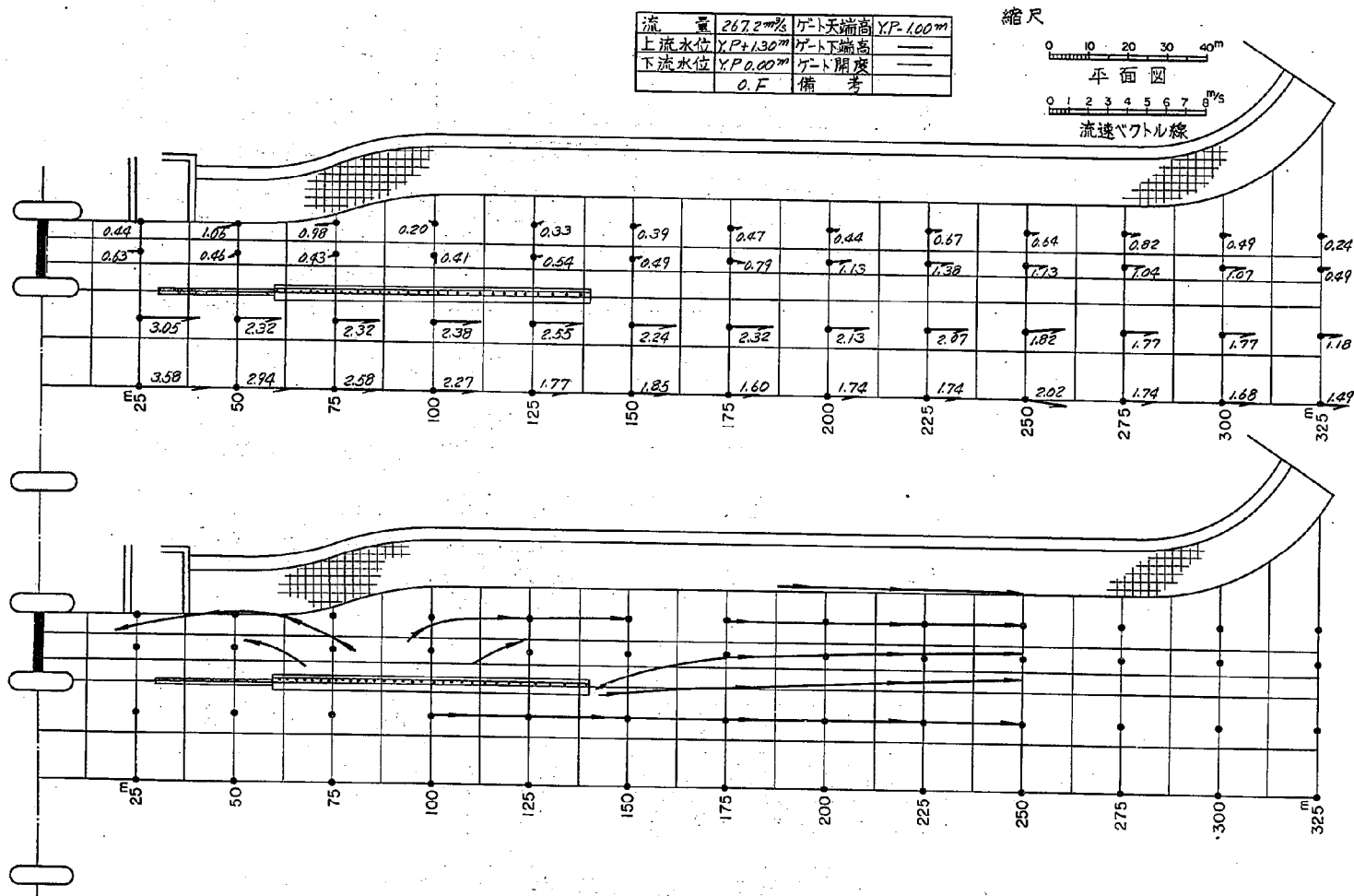


図-4.45 流速・流況線平面図 実験45

流量	267.2m³/s	ゲート天端高	YP-1.00m
上流水位	YP+1.30m	ゲート下端高	—
下流水位	YP 0.00m	ゲート開度	—
	0. F	備考	

縮尺

0 10 20 30 40m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 8m/s

流速ベクトル線

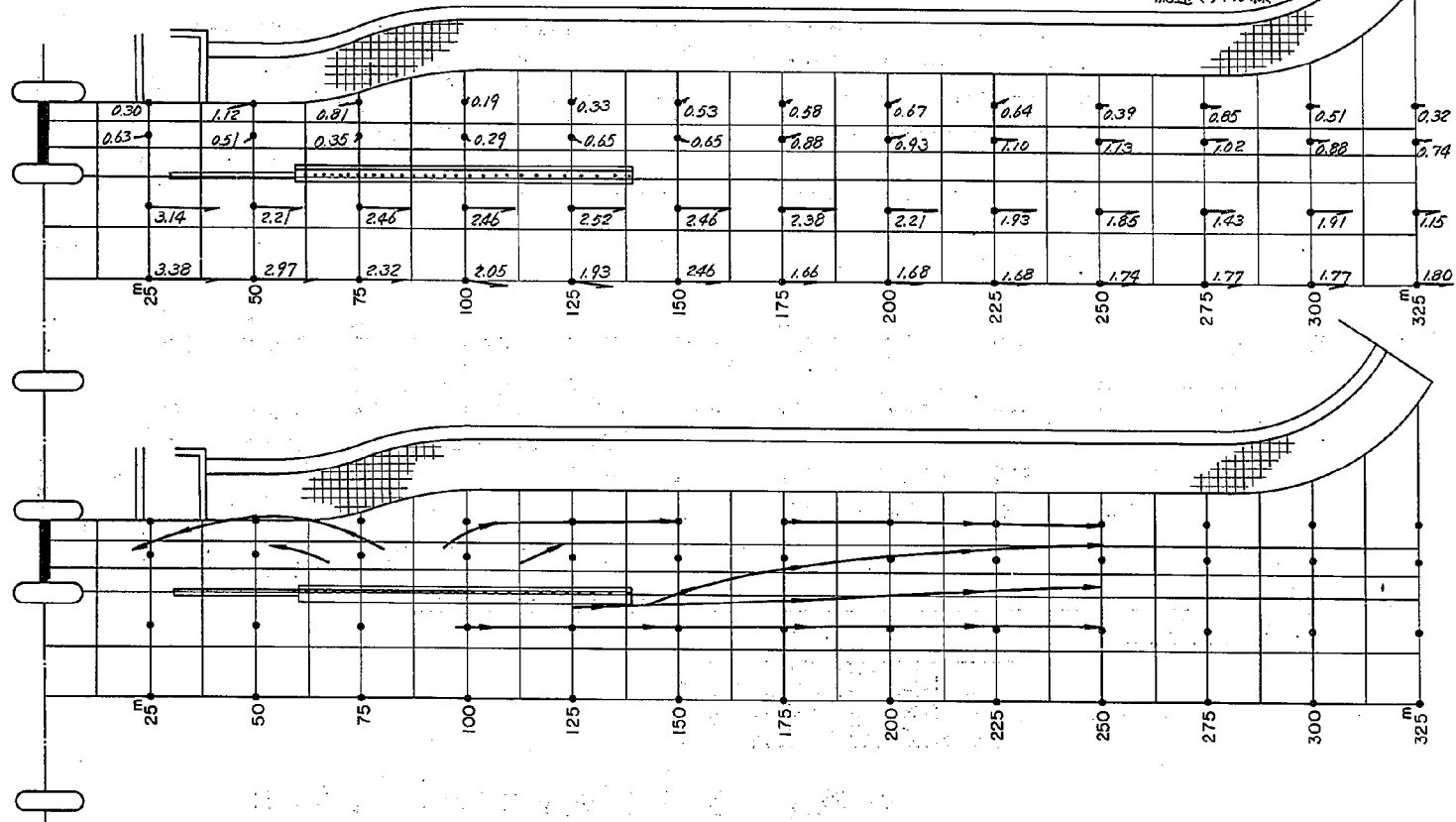


図-4.46 流速、流況線平面図 実験46

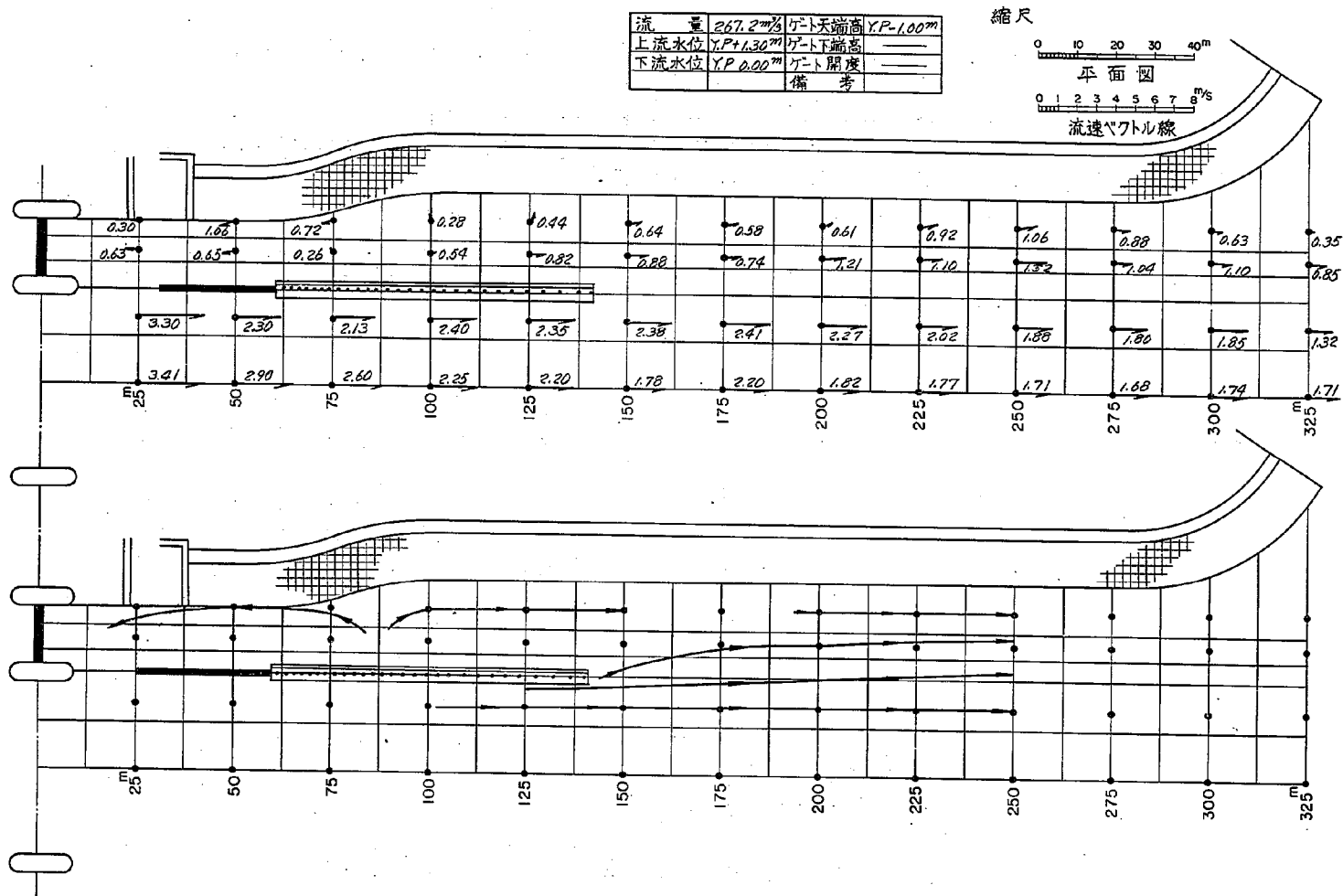


図-4.47 流速・流況線平面図 実験47

流 量	267.2 m ³ /s	ゲート下端高	Y.P.-1.00m
上流水位	Y.P.+1.30m	ゲート下端高	—
下流水位	Y.P.0.00m	ゲート開度	—
	0. F	備 考	

縮尺

0 10 20 30 40m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 m/s

流速ベクトル線

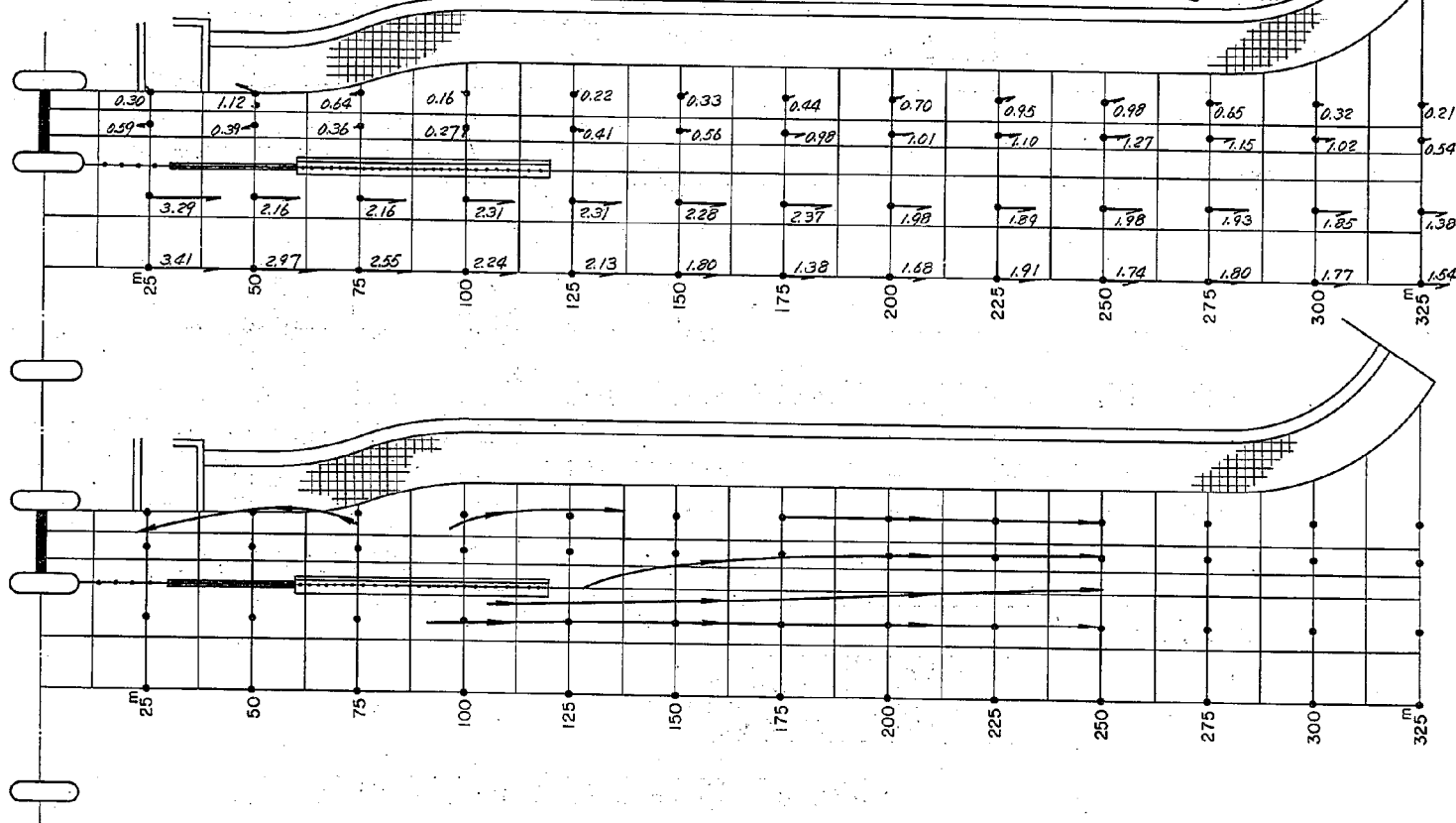


図-4.48 流速、流況線平面図 実験48

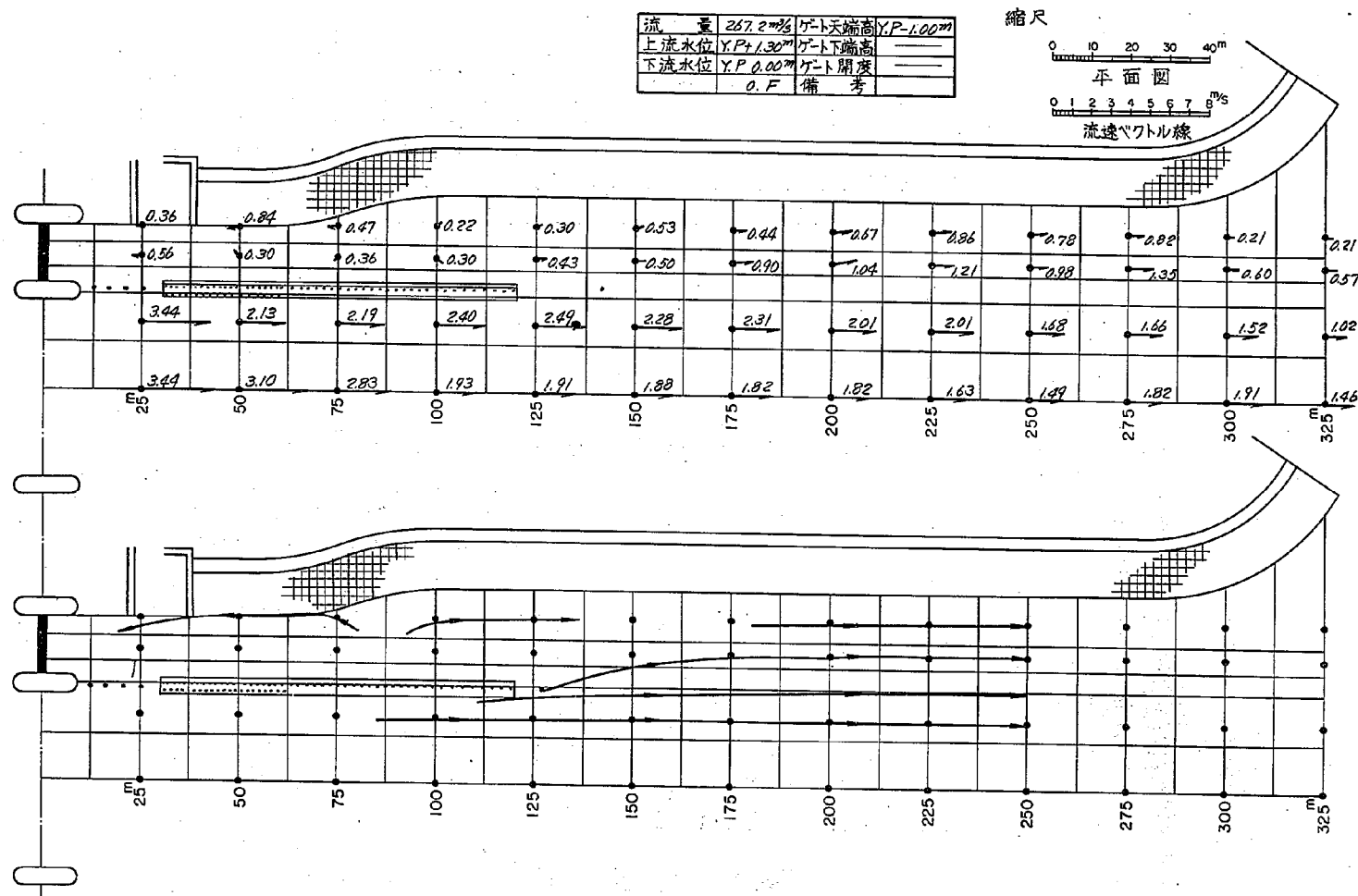


図-4.49 流速・流況線平面図 実験49

流量	415.0 m ³ /s	ゲート天端高	—
上流水位	Y.P.+1.30m	ゲート下端高	Y.P.-3.00m
下流水位	Y.P. 0.00m	ゲート開度	2.00m
U.F	備考		

縮尺

0 10 20 30 40m

平面図

0 1 2 3 4 5 6 7 m/s

流速ベクトル線

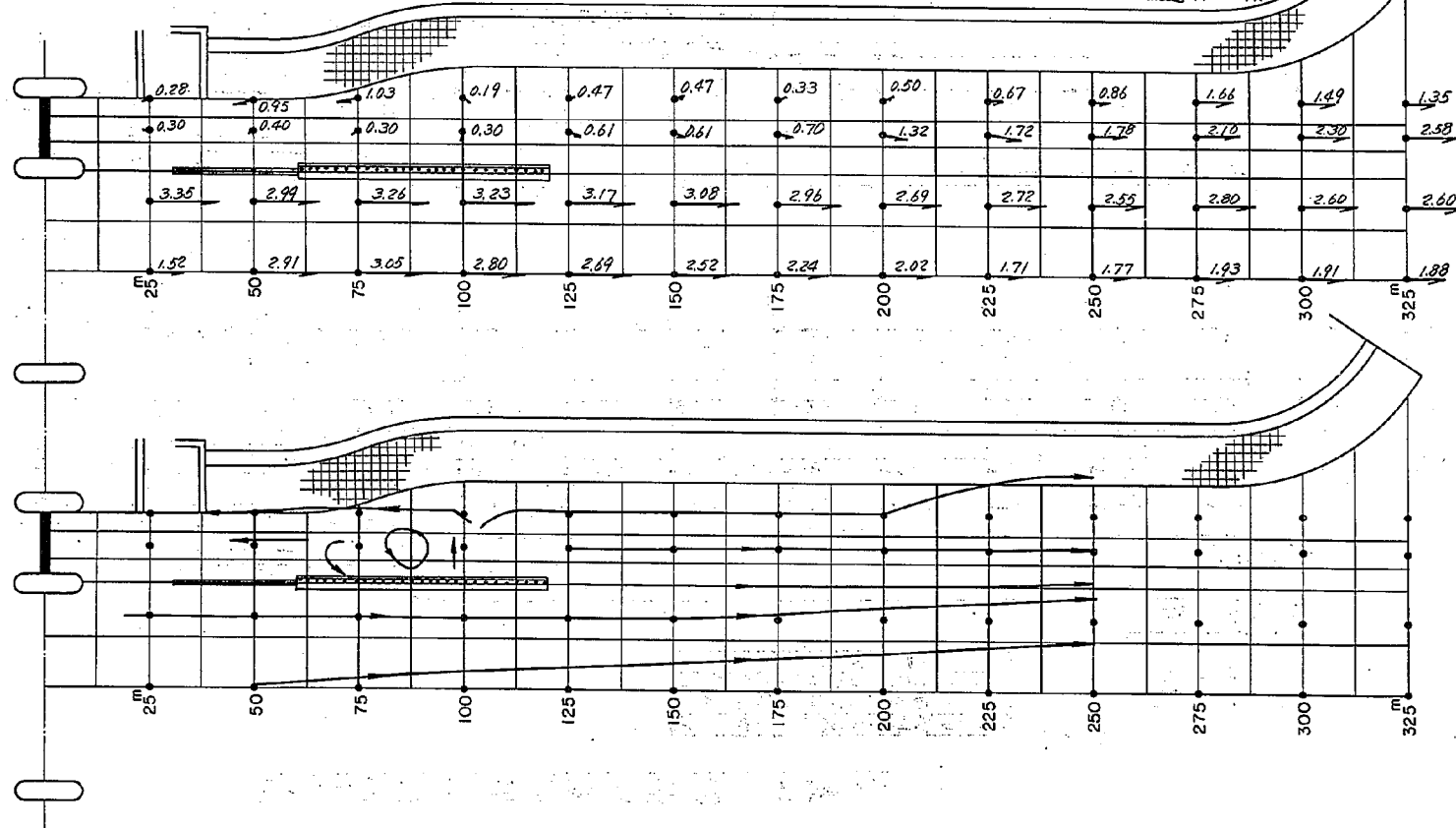


図-5.1 実験47と現状との比較

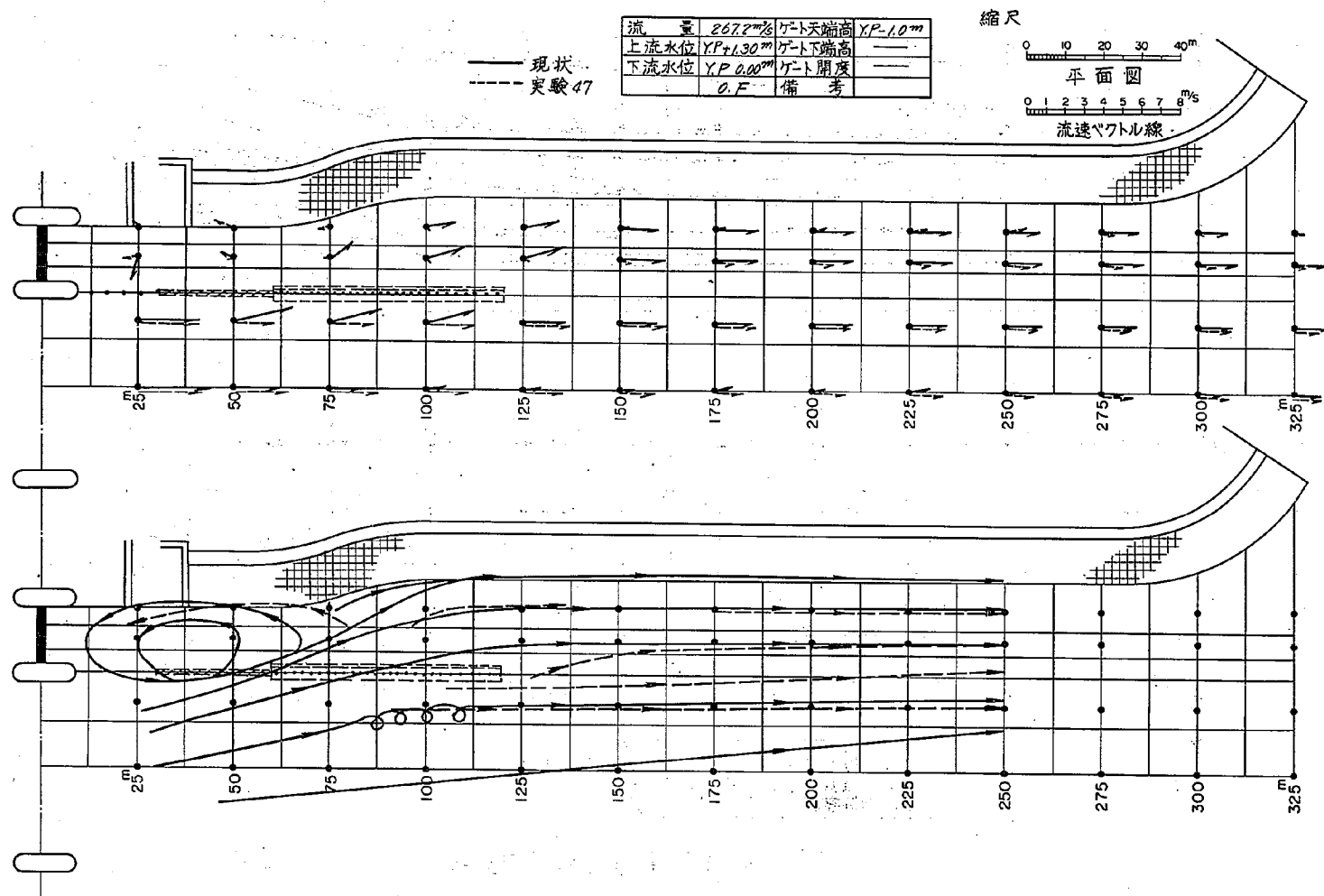


図-5.2 実験48と現状との比較

