

特殊形状越流堰の流量係数の比較に関する実験的研究

伊 藤 秀 夫*

An Experimental Study on Different Coefficients of Discharge for Two Types of Weirs

by Hideo Ito*

Synopsis: The present paper discussed on coefficient of discharge for two different kinds of types of weirs such as Labyrinth one under some existing limitations. In general, one uses weirs for water-intake, drainage, spillway and so on.

However, with practical restrictions in length of weirs selection of forms of weirs becomes important to imcrease their discharge capacity.

Coefficients of discharge C of weir-length L for normal and side types are examined experimentally in the paper. For the normal type the coefficient C increases linearly as the length grows. And C takes as $C=0.55\sim0.73$ in a complete over-flow case. On the contrary for the side type C decreases under increasing of the length. We obtained C in the case as $C=0.22\sim0.44$ for a complete over-flow weir.

For the both types C for complete over-flow cases takes larger values than for incomplete and submerged over-flow cases. Besides for the normal type the maximum C was obtained at the 5th form.

Moreover, from our observation over-flow stream lines are normal to the direction of weirs so as to take the minimum energy and then the fact may lead to unexpected troubles such as scour. Therefore, the type and shape of weir should be determined carefully.

要旨：堰は取水、排水の目的で水路内に設けたり、ダムの余水吐として使用するが、この堰には水路の主流方向に設ける場合と横に設ける横越流堰がある。設置位置によっては堰幅を充分に取れずに堰幅が制限された状態で流量の増減をはからなければならない場合がある。本論文はこの点に着目して制限された堰幅の中で、流出流量を増やす方法として、流出方向に種々な形状の突起堰を主流方向の堰の場合、横越流堰の場合について使用し、実験によって流量係数 C を求めて比較検討した。その結果、当初主流方向堰、横越流堰共に堰長 L を長くすれば流量係数 C の値が大きくなると考えた。しかし、実験によれば主流方向堰については堰長が長くなれば凡そ直線関係で増加し、 C の値は $C=0.55\sim0.73$ （完全越流の場合）となったが、横越流堰の場合は L/B_0 が大きくなれば C は減少する傾向で C の値は $C=0.22\sim0.42$ （完全越流の場合）となった。そして何れの堰の場合共に、刃形堰の場合であるが、完全越流の C 値は不完全越流もぐり越流より大きな値が得られた。主流方向堰の中では No. 5 の形状の場合が流量係数 C が最も大きくなった。また、我々の実験によれば流れは堰の越流に際してエネルギー最小を取ることより、流向は堰の向きに対して直角に曲げられ堰の越流後流れが集中したり、不都合な方向に曲がるため水路床の洗掘、水路の破壊を招く場合があるので注意する必要がある。

1. 緒 論

堰を設置する目的として取水、排水を容易にするために水路に直角に堰を設けて、その堰上げを利用する場合

と直接横越流堰を設けて取水、排水をする場合がある。しかし、場所によっては堰幅を充分に取れず、幅が制限された所で何とか取水、排水量の増減をはからなければならない場合がある。このような場合に考えられる対策としては、堰の越流部を出来るだけ滑らかな、すなわち流量係数が大きくなるようにする方法や水路幅一定の条件下で越流する堰長の増加によって、流量係数を大き

*工学部土木工学科 教授 工学博士

Professor, Civil Engineering Division. Faculty of Engineering, Dr. of Engineering.

くする方法が考えられる。本実験では後者の堰長を長くした堰を設けた場合と横越流堰に同様にこの考えを用いた場合について実験的に研究した。近年、水路の越流量の増加をはかる方法として、ダムの余水吐などに利用されている Labyrinth 堰があり、この研究として Hay, N. and Taylor, G.¹⁾, Darvas, A.²⁾, Magalhães, A. P.³⁾らの研究があるが、この堰は堰長の増加によって越流量の増加をはかっている。しかしながら、もっと基本的に他の種々な形状についての流量係数の比較や不完全越流、もぐり越流などの場合の流量係数の比較、さらに横越流堰を設置した場合、越流後の流況などの研究が不足しているように考えられる。

我が国における研究では中川博次、中川修⁴⁾の越流堰を常流で越流する場合と射流で越流する場合の越流特性について述べられている。また、長い堰長を有する越流堰の研究として長堰長越流堰の流量について浦勝、長沢史郎⁵⁾の研究がある。これは堰の形状として、流れ方向に長い堰で、排水を主体としたものであるが、種々の形状に関する研究は少ないと考えられる。

我々の実験は水路の流れに直角に10種類の形状の刃形越流堰を設置して、完全越流、不完全越流、もぐり越流状態での実験と横越流堰に Labyrinth 形式の13種類の刃形越流堰を設置して同様に完全越流、不完全越流、もぐり越流状態での流量係数の値について実験的に調べた。その結果よりすれば、水路の流れに直角の越流堰では完全越流の流量係数が大きく、不完全、もぐり堰になるにつれてその値は小さくなる。

また、流量係数は堰長と堰の平面状態の影響を受け、直線形状の流量係数 C が最も小さく、堰長が長くなる

につれて、 C の値が大きく、また、No. 5 の形状の堰で最も大きくなることがわかった。

これに較べて横越流堰については、堰長が長くなると反対に C の値は小さく、堰の角度 θ が増加すると、 C の値は大きくなり、上流側の突起数 n が多くなっても、 C の値は大きくなることがわかった。また、横越流堰の場合は、完全越流の C の値が大きく、不完全、もぐり堰となるにつれて小さくなっていくことがわかった。以上のように一定の越流堰幅のもとで流量係数を大きくするのには、どんな形状の堰が良いかを主眼にした研究を行った。

実験は厚さのうすい刃形堰だけでの実験であるが、Labyrinth 堰などのように厚さの厚い堰の場合はもっと流量係数 C は大きくなると考えられる。

2. 越流堰の実験

先づ始めに、水路に直角に置かれた10種類の各種形状

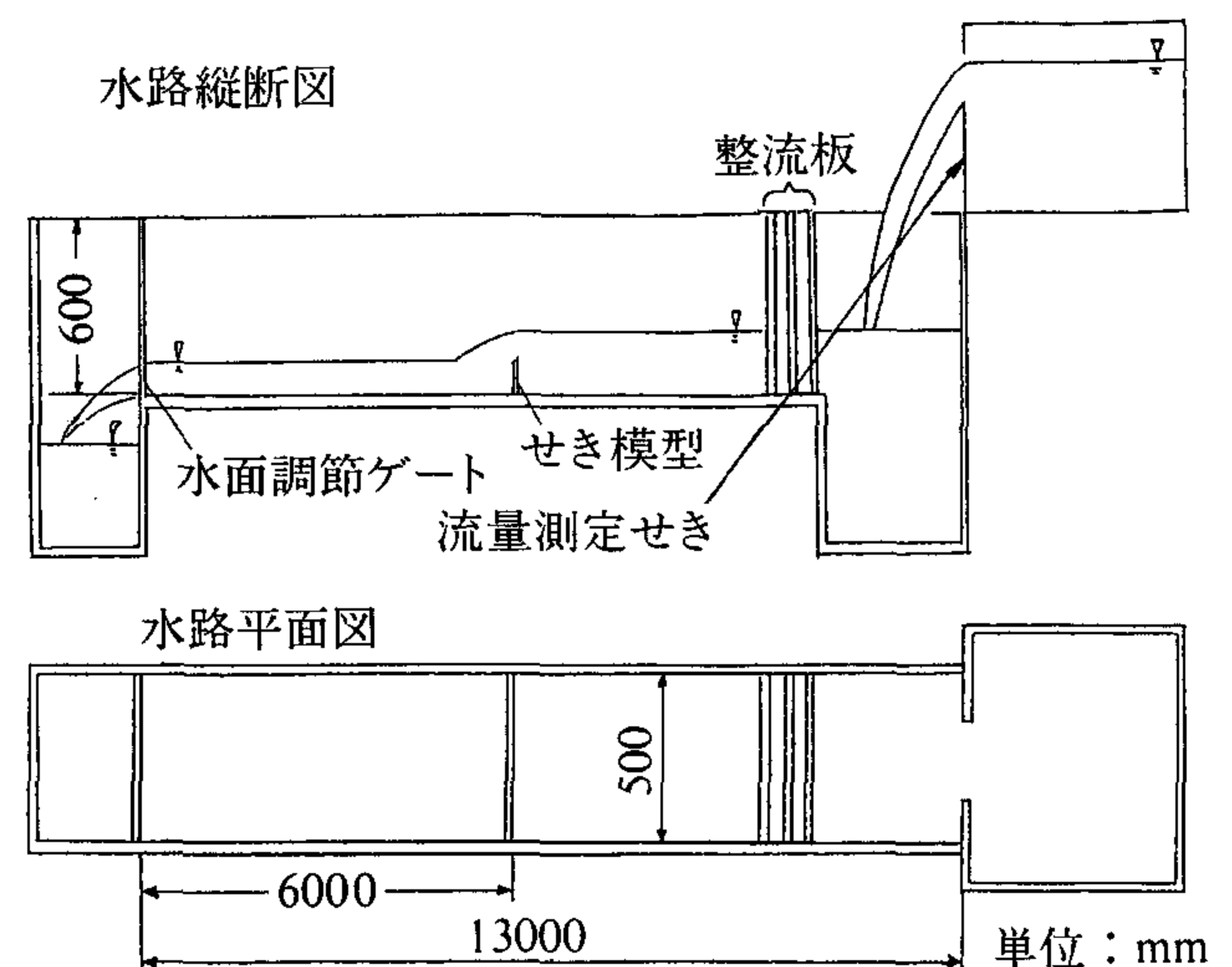


図2.1 実験水路図

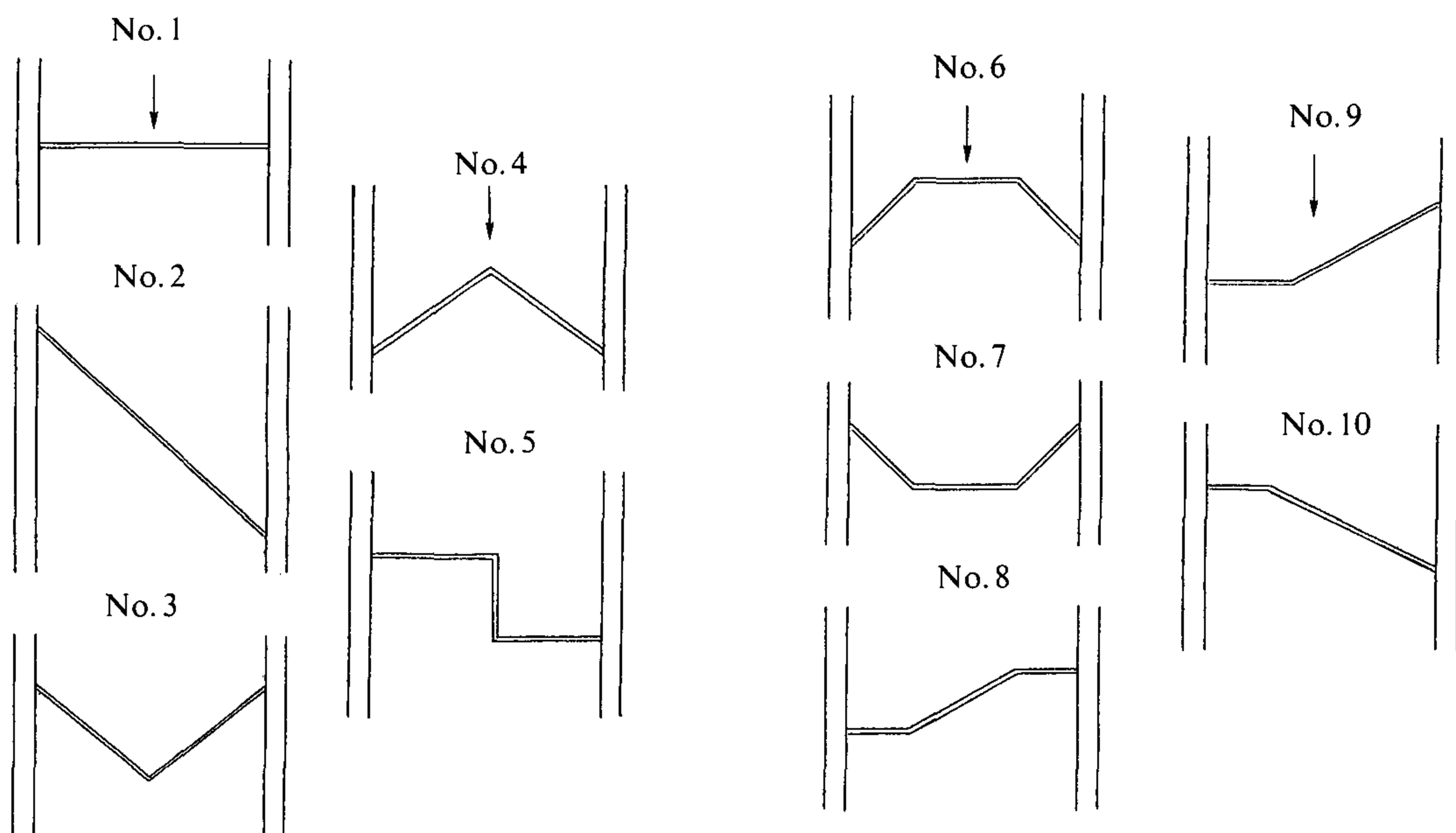


図2.2 越流堰平面形状

の実験について述べる。

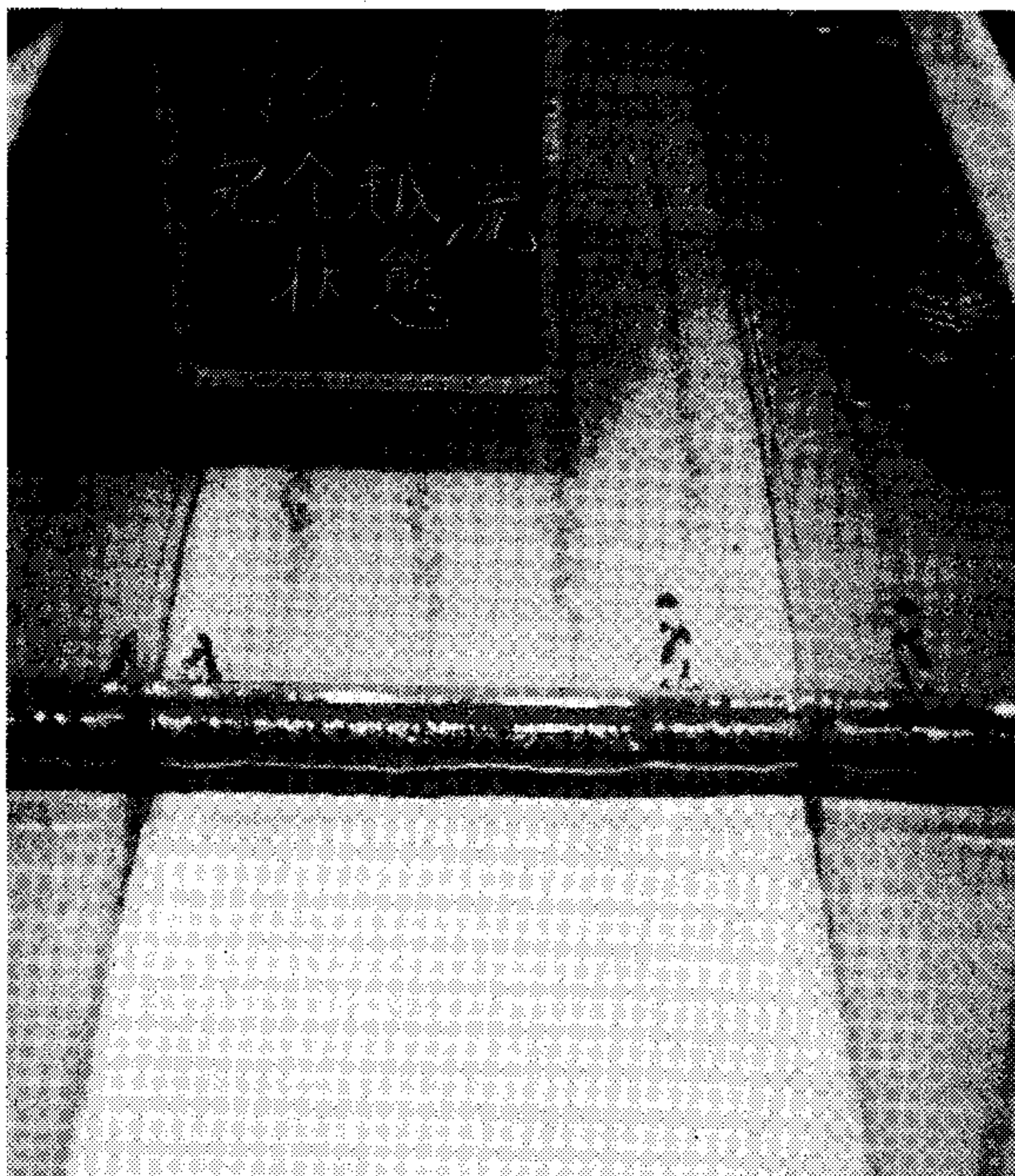
(1) 実験設備と実験内容

実験設備は図2.1に示されているように、上流に直角三角堰の流量測定堰、受水槽、整流板を経て、長さ13 m、幅0.5 m、高さ0.9 mの開水路を利用し、この中に各種形状10種類の越流堰を設置し、水位についてはポイントゲージとレベルを使用し、流線はウオーターブルーを流し、これを写真に撮った。また、実験の種類は図2.2に示されている10種類の厚さ5 mmを45°に角をおとした、刃形堰を使用した。実験は直角三角堰の検定として、重量法によって確かめてからJIS公式を使用し、前以って $H-Q$ 曲線を作成した。そして堰下流側の水位

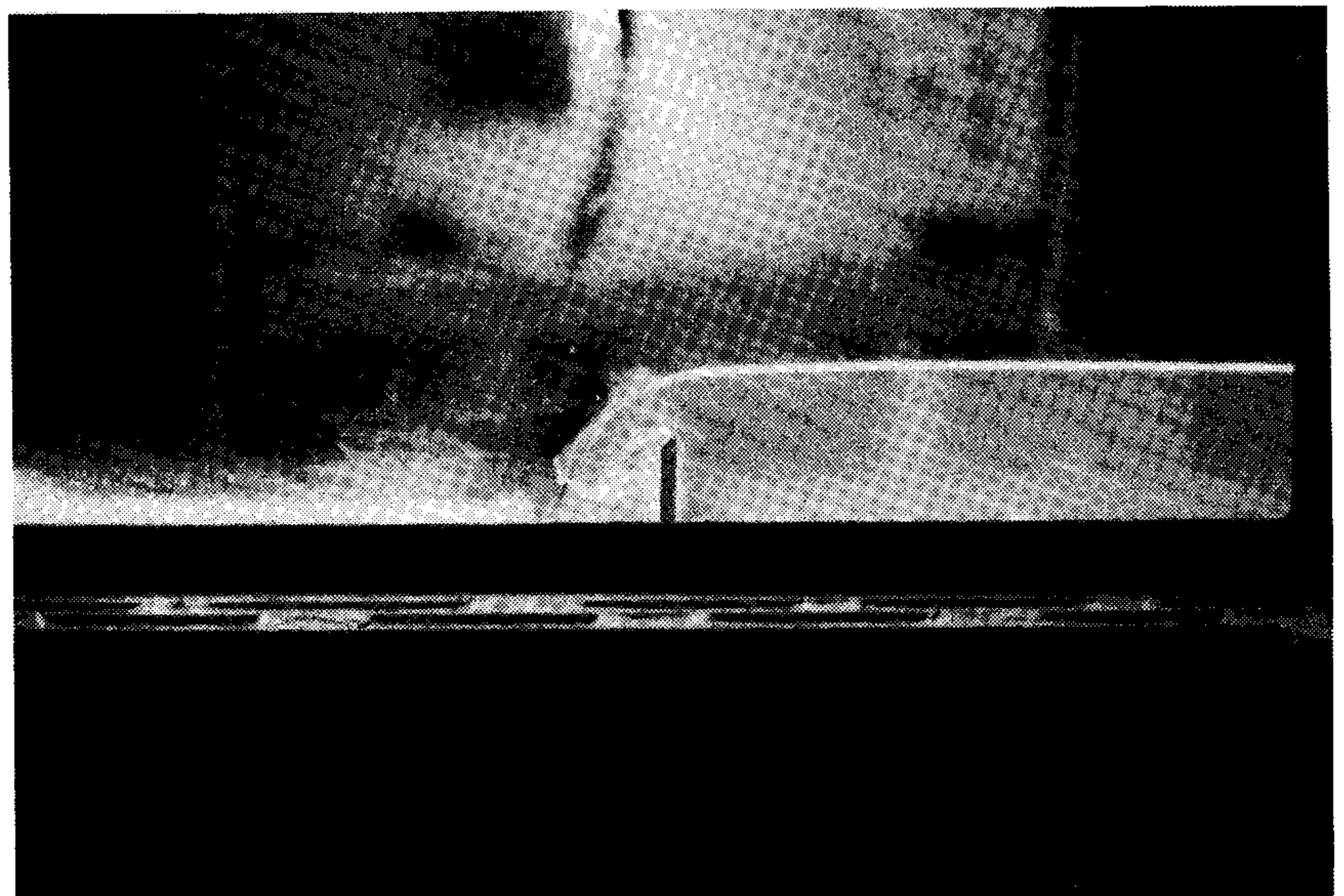
は、水路末端のゲートによって調節した。流量はタンクバルブによって $Q=1.680 \text{ l/sec} \sim 13.280 \text{ l/sec}$ を流し、水位の測定は堰より1.5 m前後の3ヶ所、横断方向に3ヶ所について、ポイントゲージとレベルによって測定した。

(2) 実験結果とその解析

実験によって得られた結果の概略を写真2.1～写真2.10に示した。解析は各モデルについて上流側の水位 h_1 、下流側の水位 h_2 、堰高 D 、堰長 L 、水路幅 B_0 、として h_2/h_1 、 h_1/D を、また、流量係数 C は $C=Q/B_0\sqrt{2gh_1^{3/2}}$ としてそれぞれ計算し、これを表2.1に表わし、これを図2.3、図2.4のようにまとめた。その結果よりすれば、流



平面写真

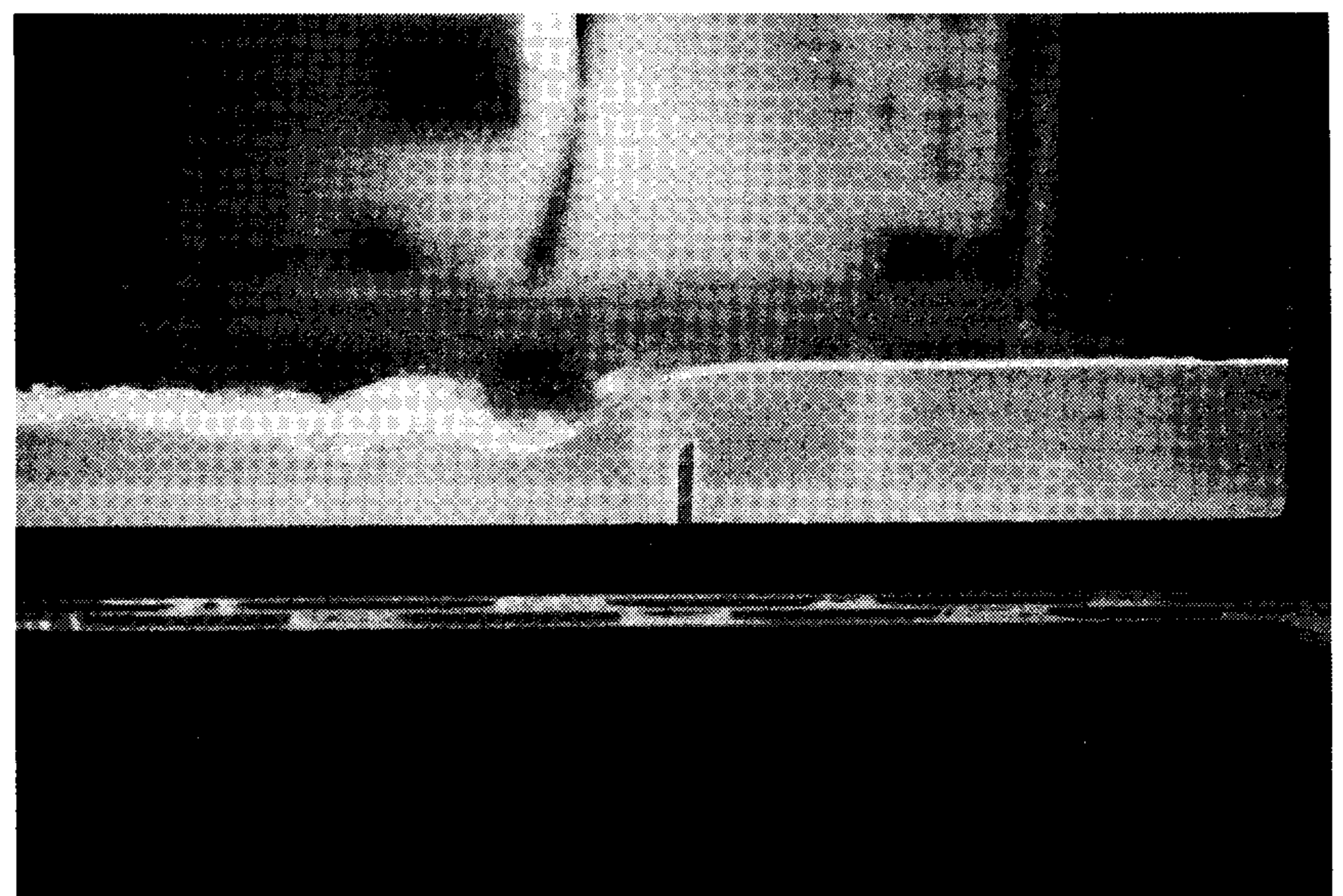


側面写真

写真2.1 完全越流ナップ (モデル No. 1)



平面写真

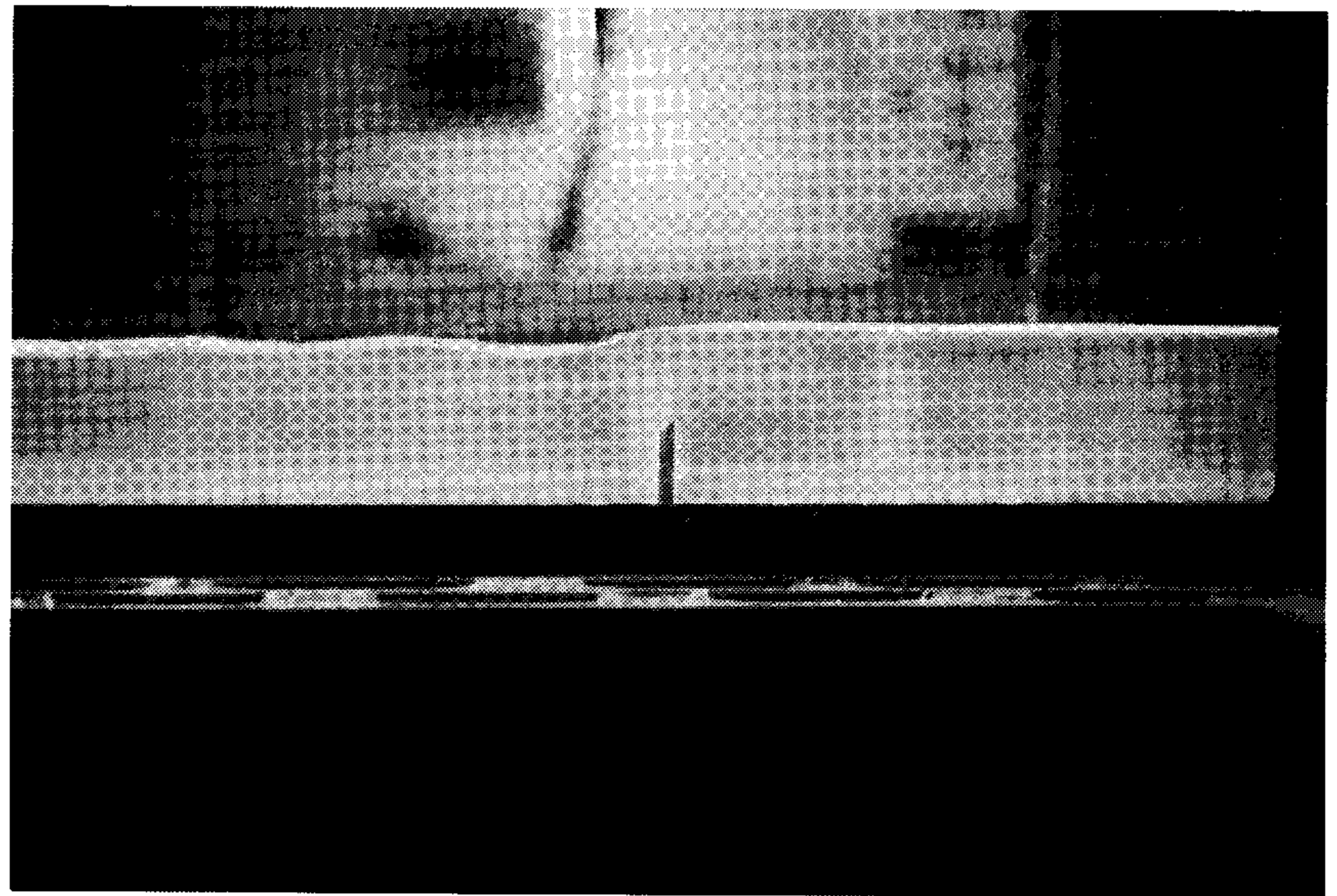


側面写真

写真2.2 不完全ナップ (モデル No. 1)



平面写真

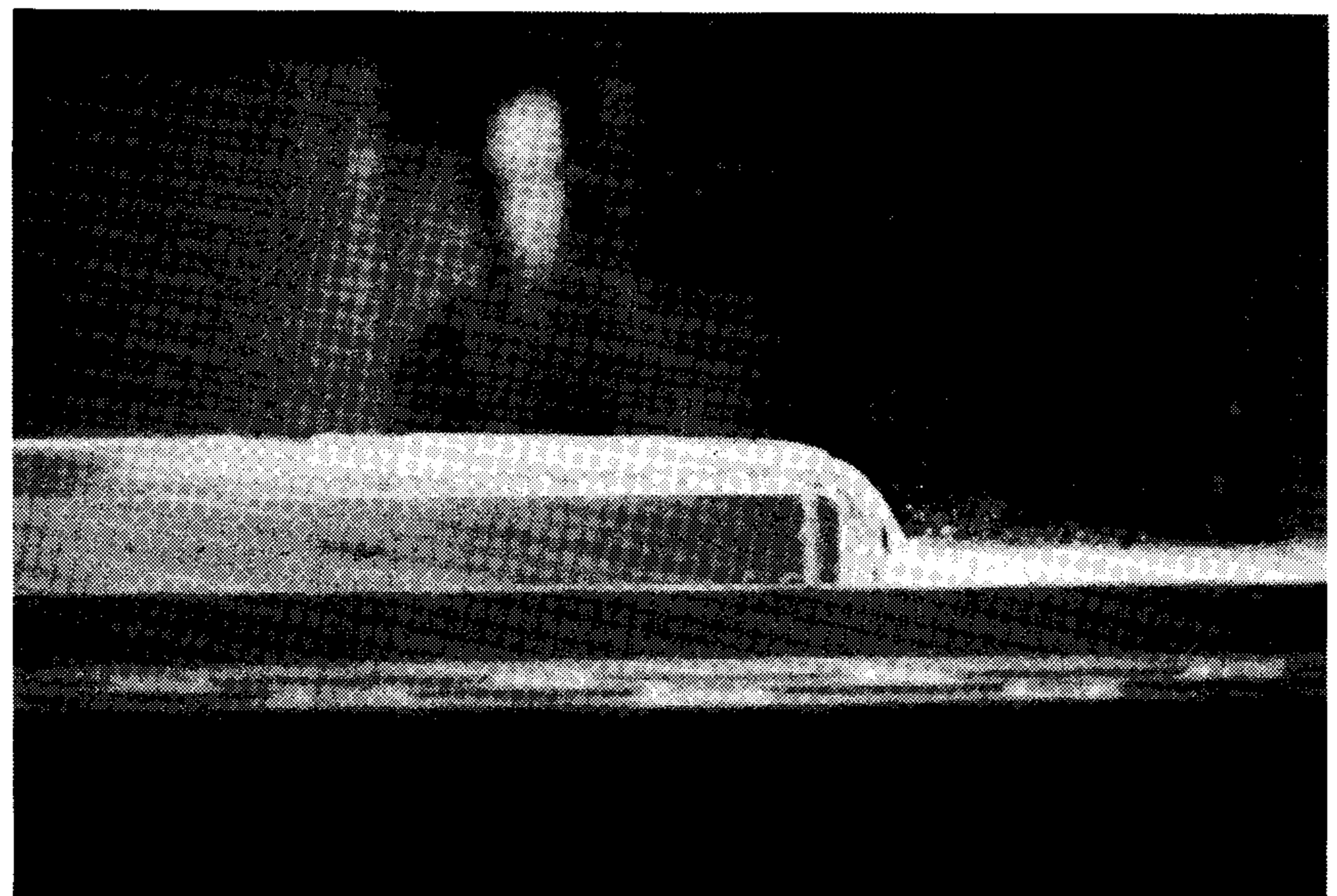


側面写真

写真2.3 潜り越流ナップ (モデル No. 1)



平面写真

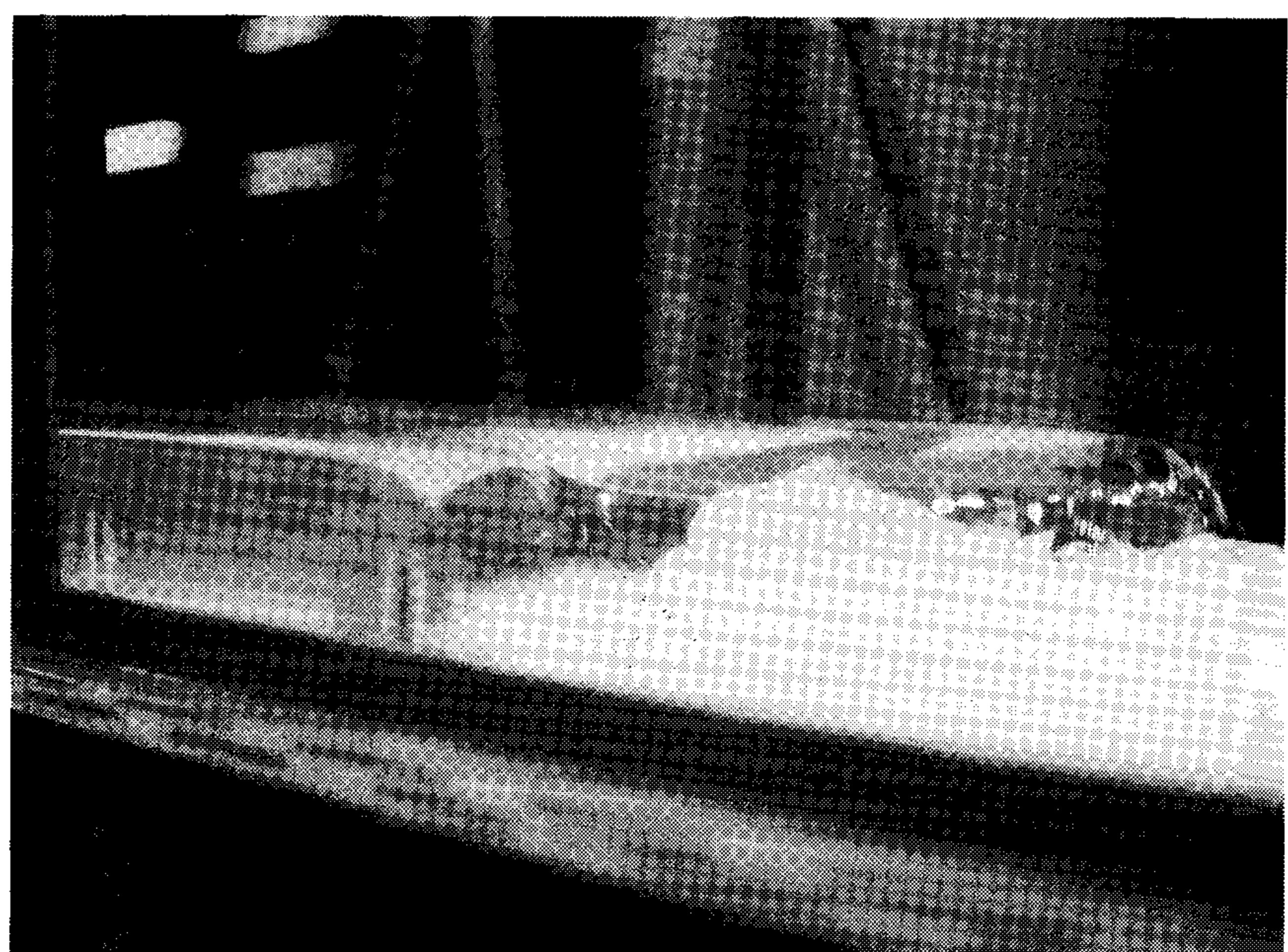


側面写真

写真2.4 完全越流ナップ (モデル No. 2)



平面写真

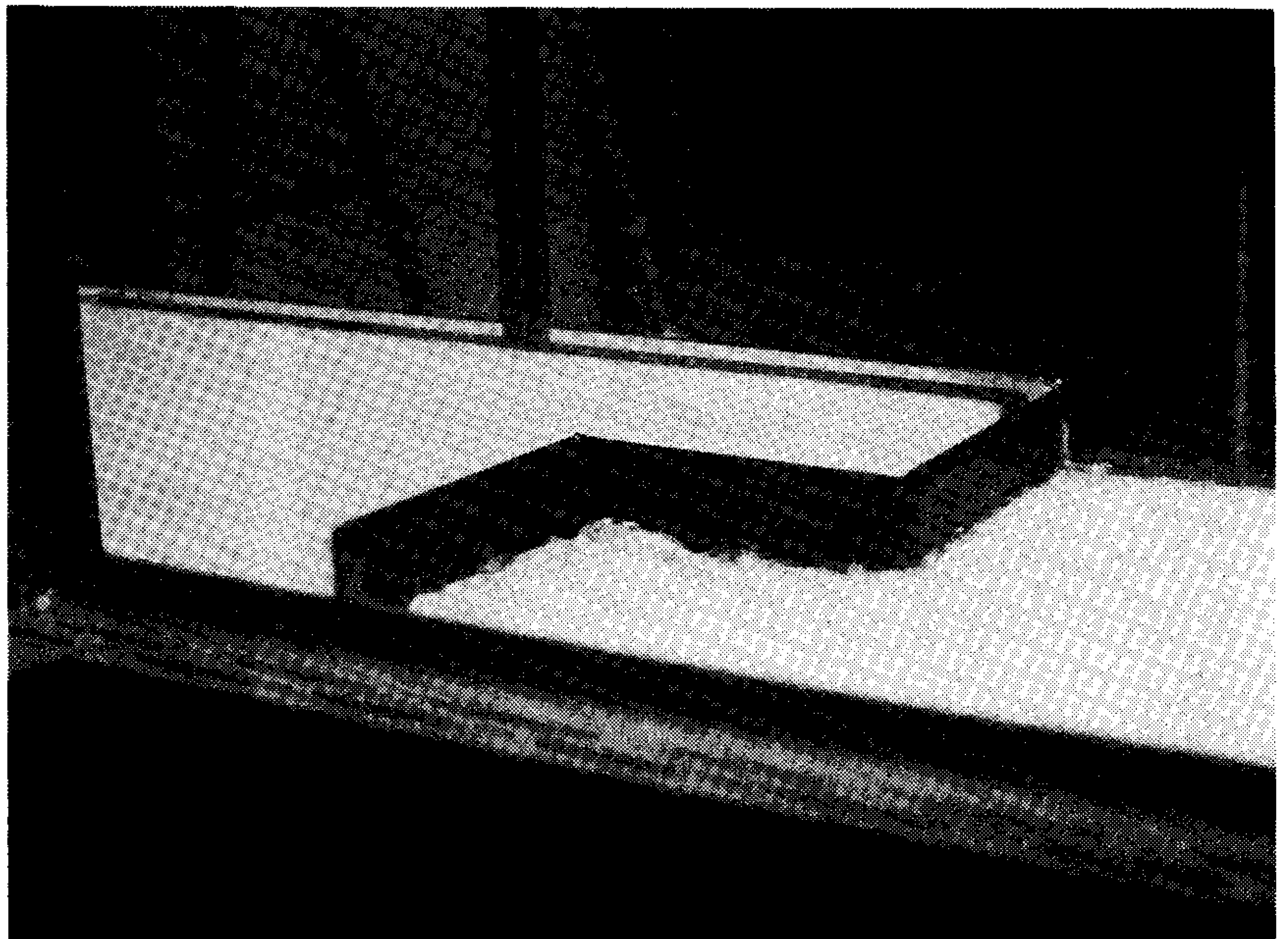


側面写真

写真2.5 完全越流ナップ (モデル No. 4)

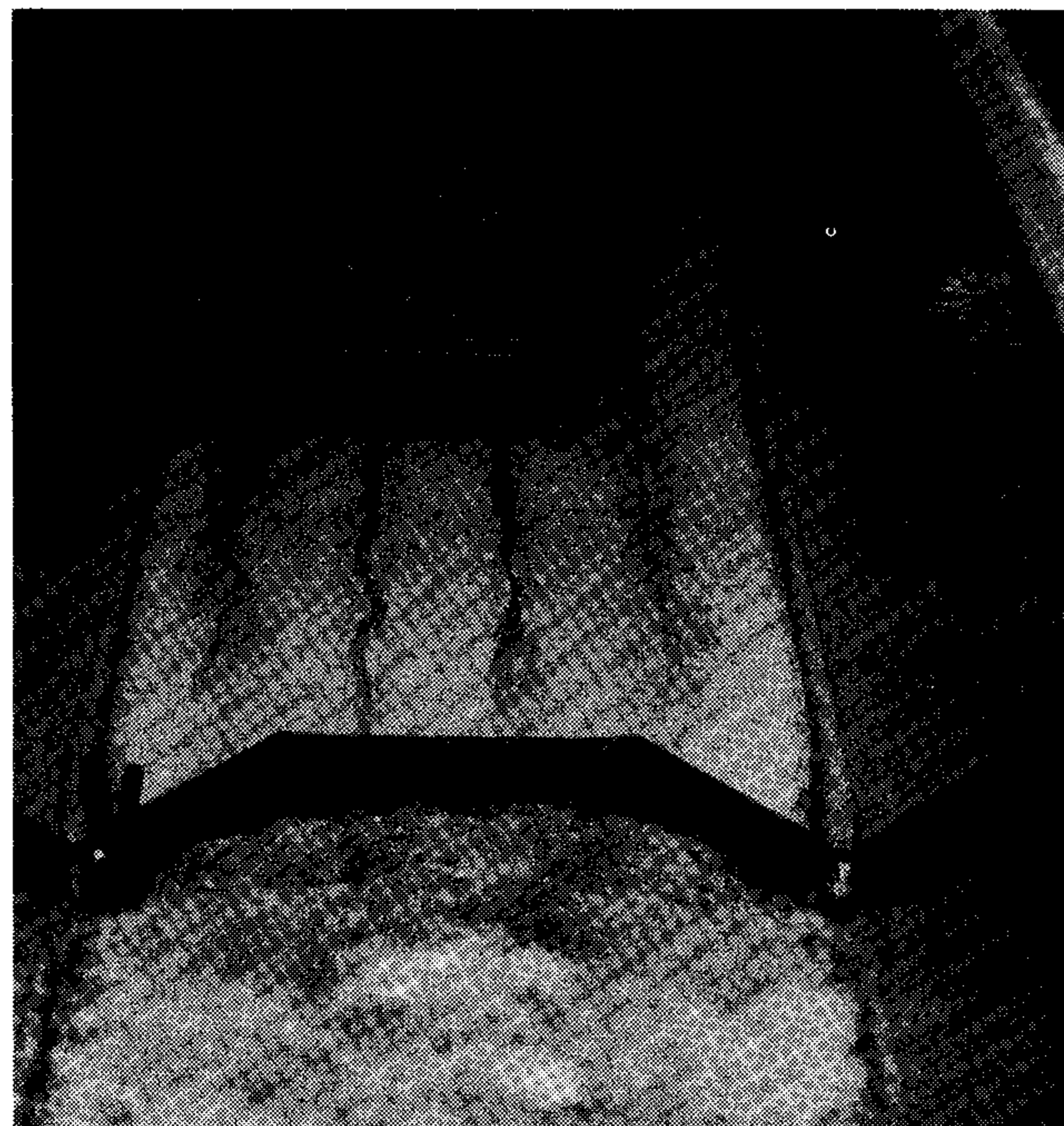


平面写真

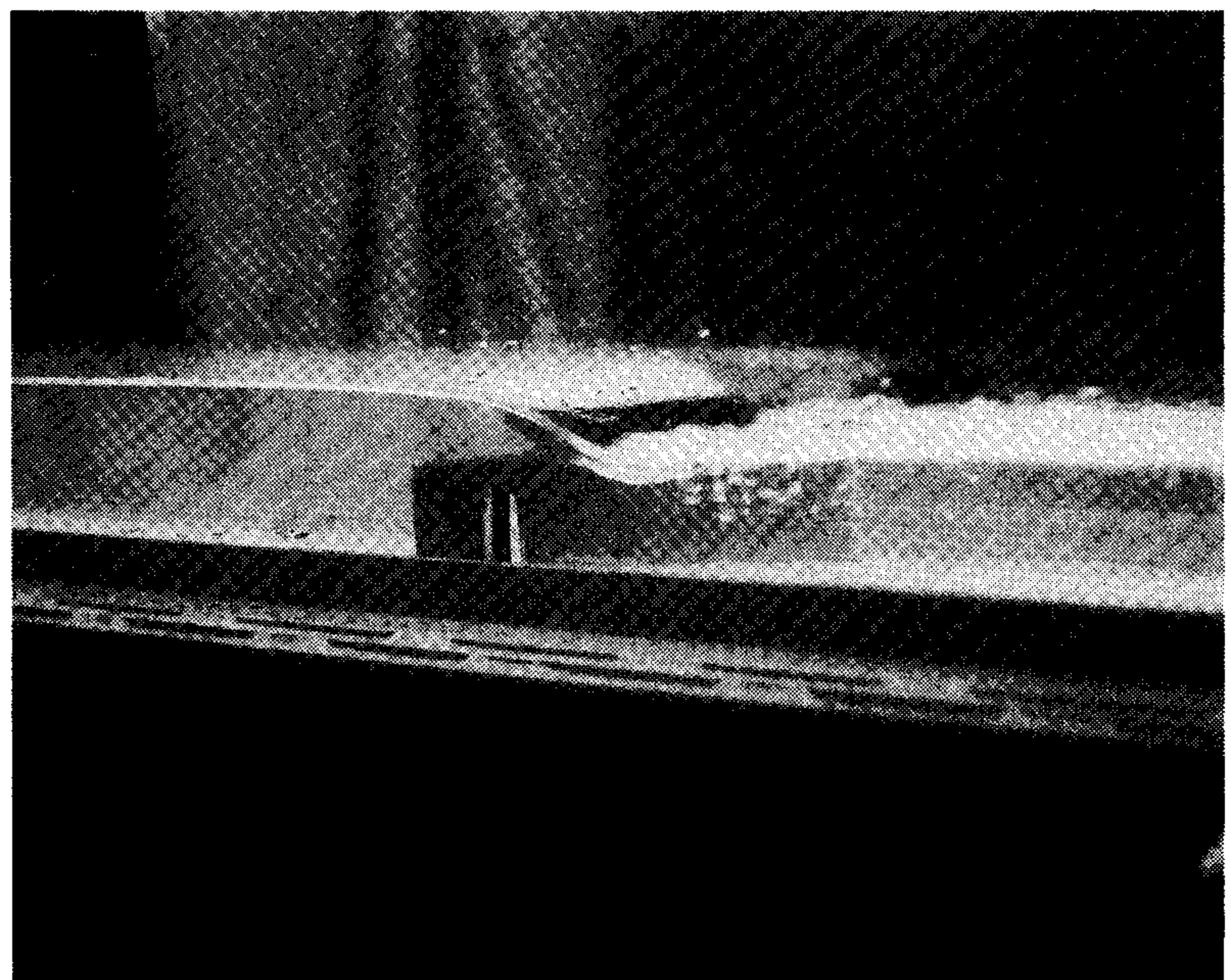


側面写真

写真2.6 完全越流ナップ (モデル No. 5)



平面写真

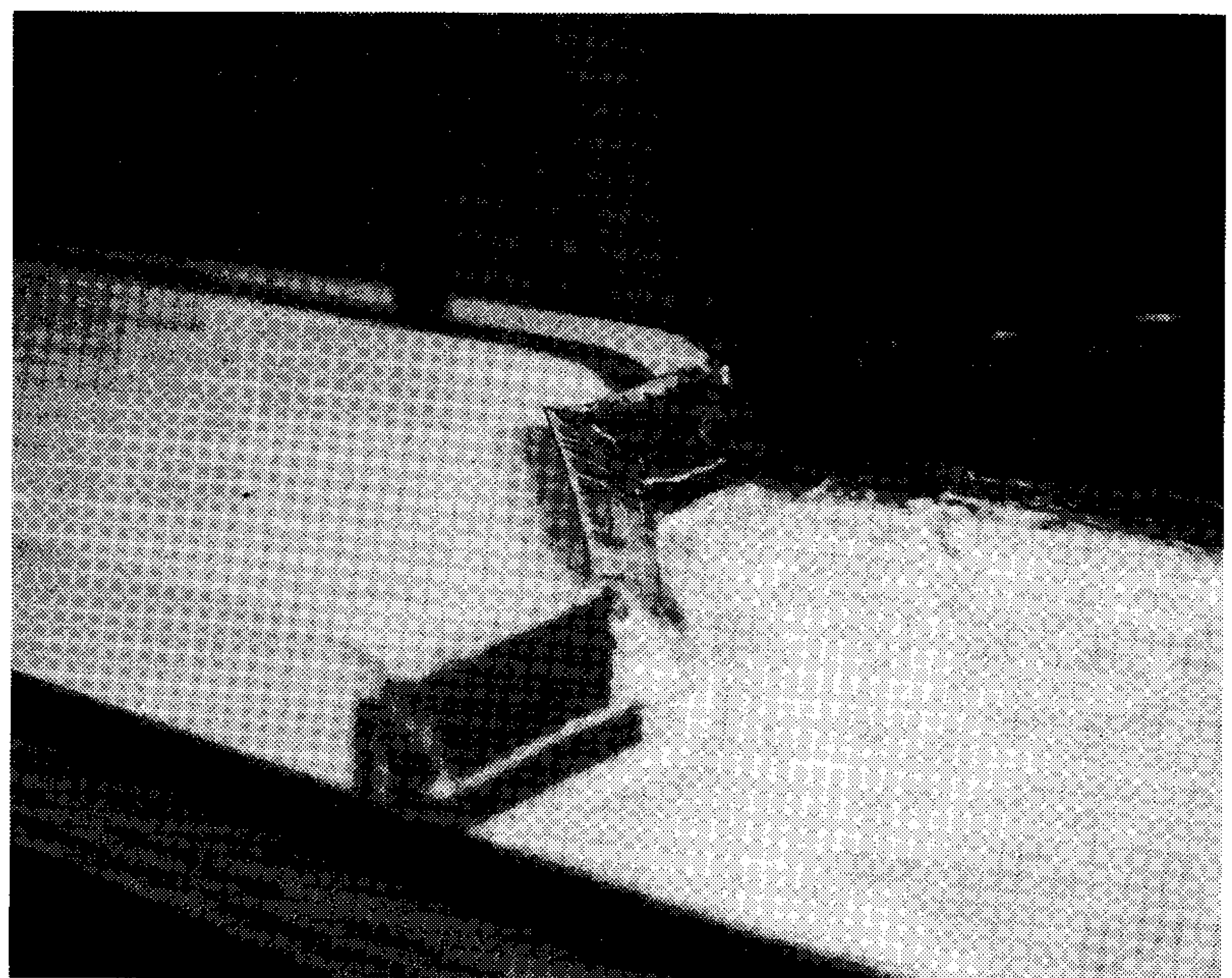


側面写真

写真2.7 不完全越流ナップ (モデル No. 6)

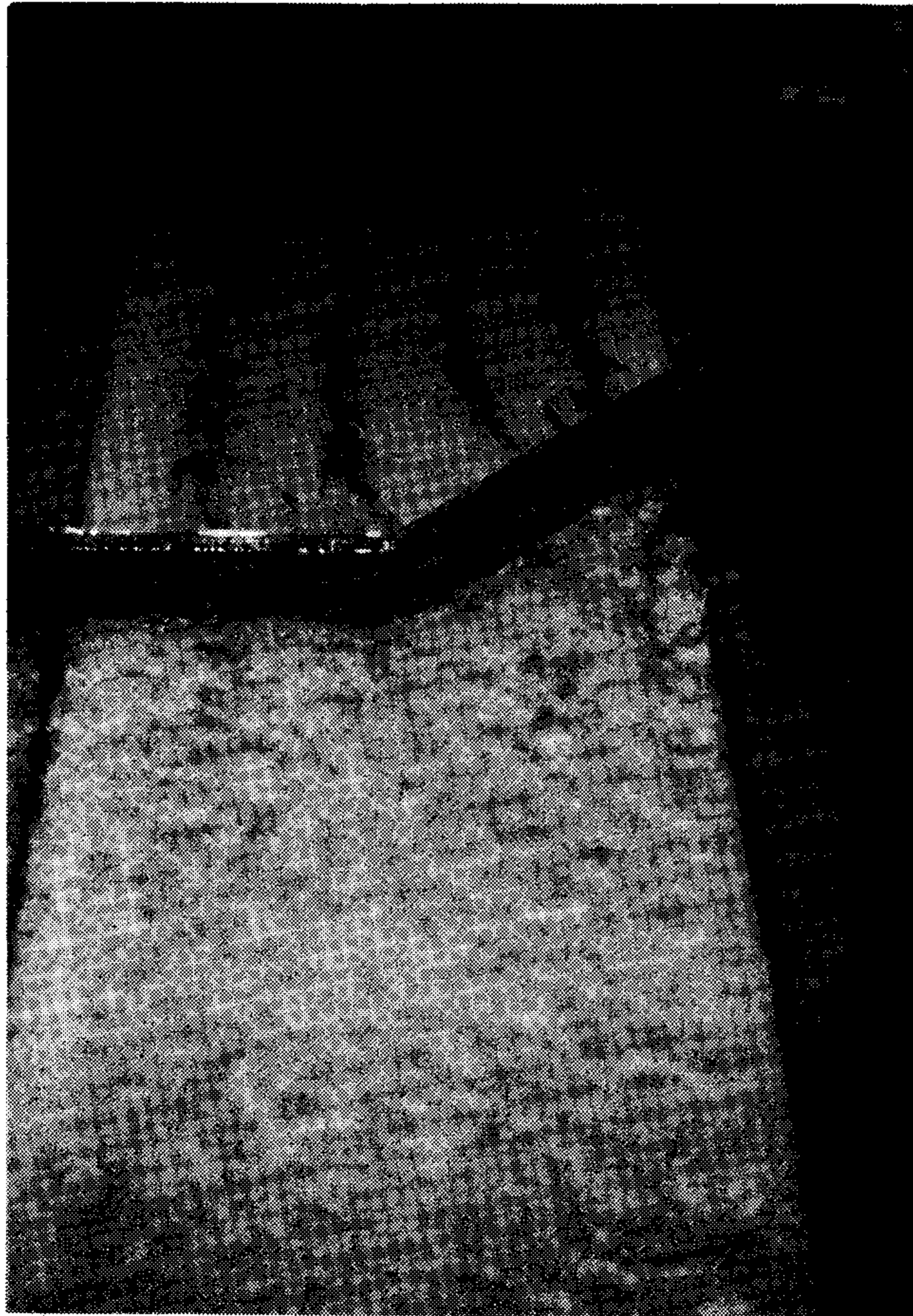


平面写真

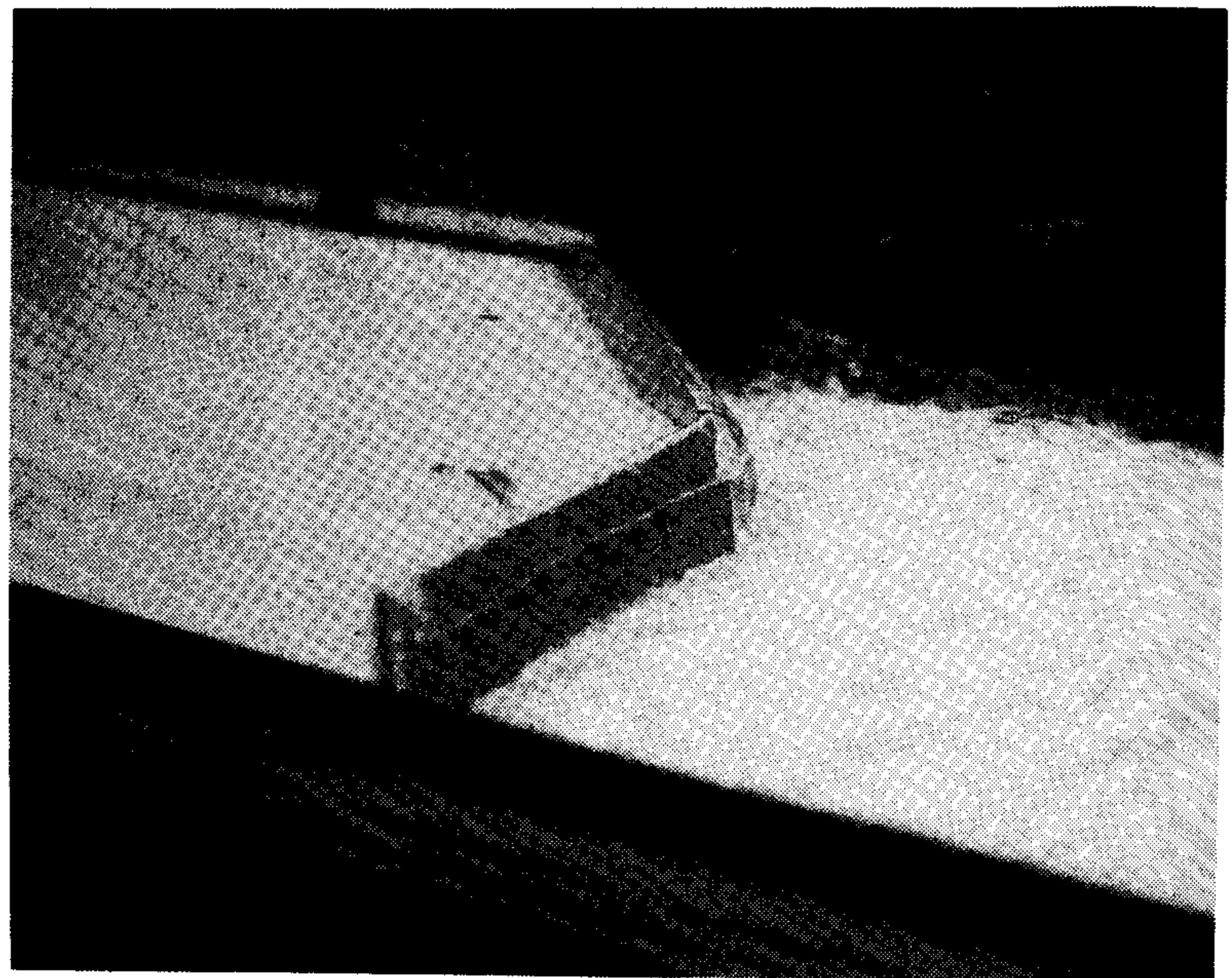


側面写真

写真2.8 完全越流ナップ (モデル No. 8)

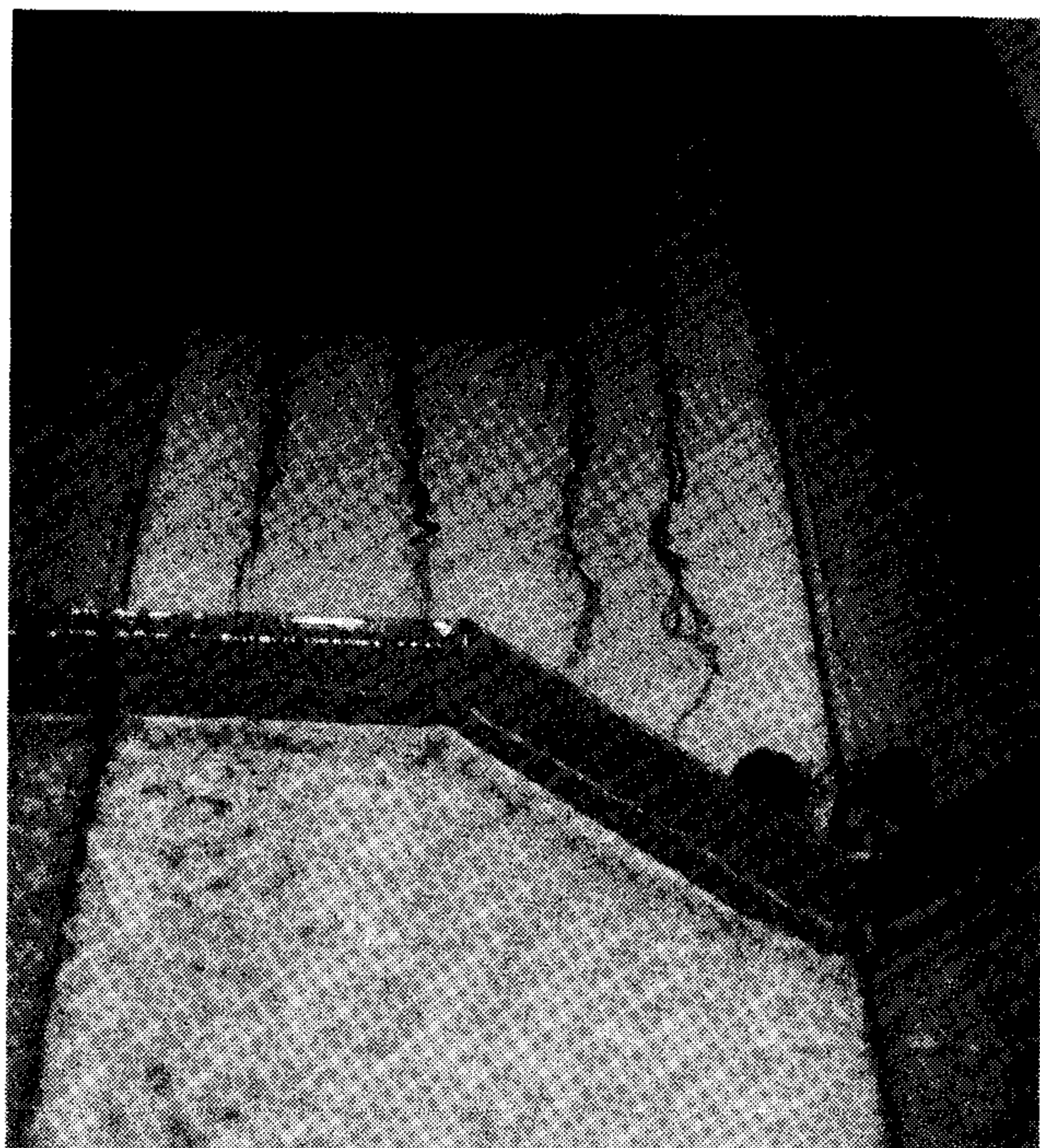


平面写真

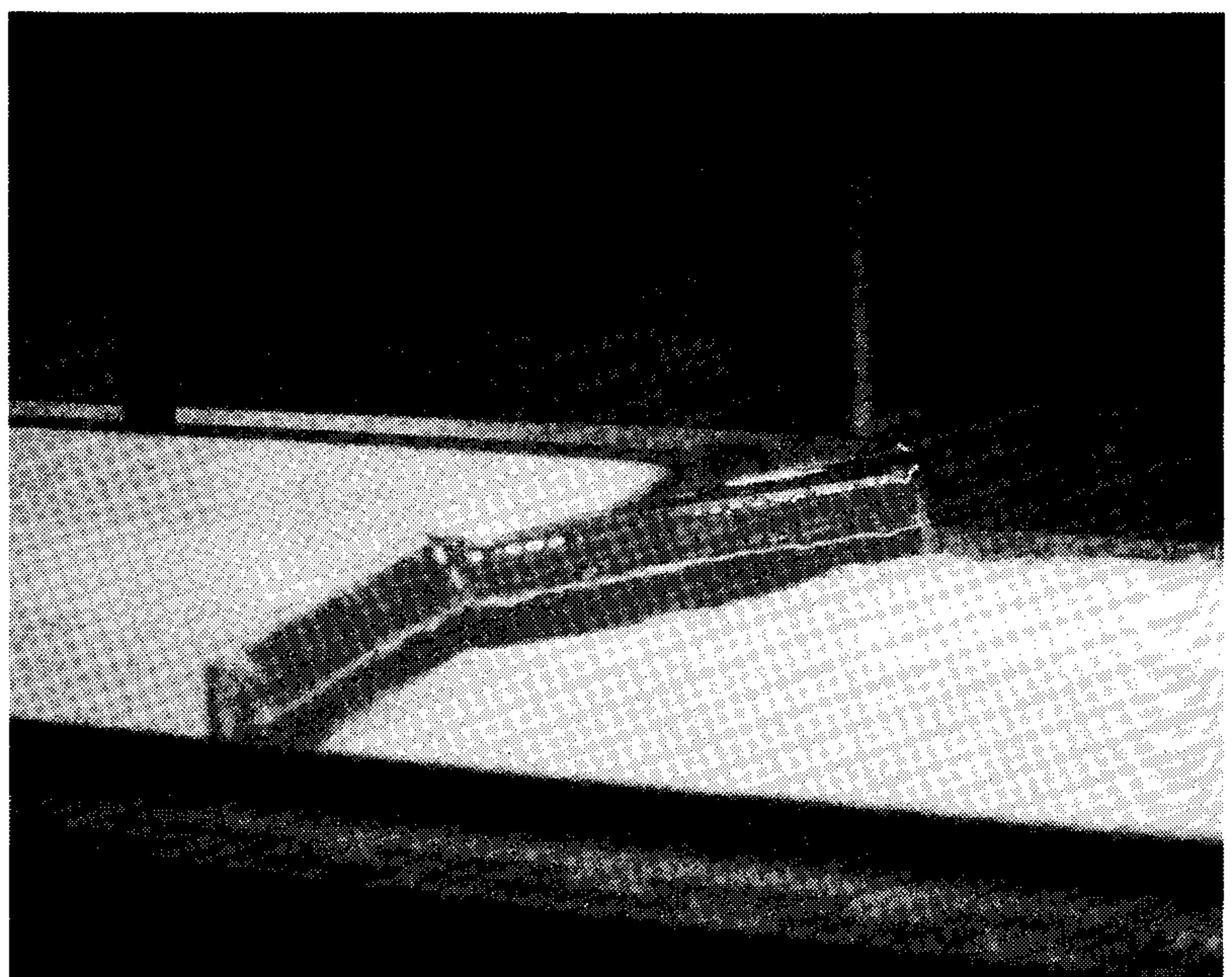


側面写真

写真2.9 完全越流ナップ (モデル No. 9)



平面写真



側面写真

写真2.10 完全越流ナップ (モデル No. 10)

量係数 C の値は No. 1 すなわち最も簡単な、流れに直角な直線の場合 (図2.3) が最も小さく、堰長が増加するにつれて、 C の値は大きくなる傾向がある。図2.4より No. 5 の形状の場合が C の値は最も大で No. 2, No. 3, No. 4 が1つのグループで、次ぎに大きく、No. 6, No. 7, No. 8, No. 9 がまた、1つのグループで、少し小さい C の値を示している。そして完全、不完全、もぐ

り越流になるにつれて、 C の値は小さくなる。流線の形状を見ると堰に近づくにつれて、流線は堰に直角に越流するように曲ることが写真2.4～写真2.10よりわかる。このため、堰の形状によっては流線が1箇所に集中して、堰の流下後の水位の上昇や水路床の洗掘などが起って来るので、堰の設計には注意する必要がある。

表 2.1 流量係数 $C \sim h_2/h_1, L/B_0$ 関係表

モデル No.1

$$Q=12.434 \text{ l/sec}=0.01243 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.5 \text{ m}, L/B_0=1.0$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0515 | 0.001 | 0.019 | 0.644 | 0.480 | 完 全 |
| 0.0530 | 0.013 | 0.245 | 0.663 | 0.460 | 不完全 |
| 0.0560 | 0.0260 | 0.464 | 0.700 | 0.424 | 〃 |
| 0.0610 | 0.0515 | 0.844 | 0.763 | 0.373 | もぐり |
| 0.0685 | 0.0565 | 0.825 | 0.856 | 0.313 | 〃 |
| 0.0720 | 0.0630 | 0.875 | 0.900 | 0.291 | 〃 |

モデル No.3

$$Q=5.113 \text{ l/sec}=0.005113 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.707 \text{ m}, L/B_0=1.414$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0230 | 0 | 0 | 0.288 | 0.662 | 完 全 |
| 0.0235 | 0 | 0 | 0.294 | 0.641 | 〃 |
| 0.0249 | 0.0072 | 0.289 | 0.311 | 0.588 | 不完全 |
| 0.0287 | 0.02008 | 0.700 | 0.359 | 0.475 | もぐり |

モデル No.2

$$Q=13.280 \text{ l/sec}=0.01328 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.707 \text{ m}, L/B_0=1.414$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0425 | 0 | 0 | 0.531 | 0.685 | 完 全 |
| 0.0400 | 0 | 0 | 0.500 | 0.749 | 〃 |
| 0.0470 | 0.0185 | 0.394 | 0.588 | 0.589 | 不完全 |
| 0.0505 | 0.0320 | 0.634 | 0.631 | 0.529 | 〃 |
| 0.0580 | 0.0450 | 0.776 | 0.725 | 0.429 | もぐり |

モデル No.3

$$Q=10.890 \text{ l/sec}=0.01089 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.707 \text{ m}, L/B_0=1.414$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0370 | 0 | 0 | 0.463 | 0.691 | 完 全 |
| 0.0390 | 0.0020 | 0.051 | 0.488 | 0.639 | 不完全 |
| 0.0410 | 0.0135 | 0.329 | 0.513 | 0.593 | 〃 |
| 0.0450 | 0.0270 | 0.600 | 0.563 | 0.515 | 〃 |
| 0.0515 | 0.0410 | 0.796 | 0.644 | 0.421 | もぐり |

モデル No.2

$$Q=4.809 \text{ l/sec}=0.004809 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.707 \text{ m}, L/B_0=1.414$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0225 | 0 | 0 | 0.281 | 0.644 | 完 全 |
| 0.0235 | 0 | 0 | 0.294 | 0.603 | 〃 |
| 0.0255 | 0.0075 | 0.294 | 0.319 | 0.534 | 不完全 |
| 0.0300 | 0.0220 | 0.733 | 0.375 | 0.418 | もぐり |

モデル No.4

$$Q=4.724 \text{ l/sec}=0.004724 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.707 \text{ m}, L/B_0=1.414$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0210 | 0 | 0 | 0.263 | 0.701 | 完 全 |
| 0.0215 | 0 | 0 | 0.269 | 0.677 | 〃 |
| 0.0217 | 0 | 0 | 0.271 | 0.668 | 〃 |
| 0.0234 | 0.0064 | 0.274 | 0.293 | 0.596 | 不完全 |
| 0.0277 | 0.0195 | 0.704 | 0.346 | 0.463 | もぐり |
| 0.0322 | 0.0354 | 1.099 | 0.403 | 0.369 | 〃 |

モデル No.4

$$Q=10.722 \text{ l/sec}=0.010722 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.707 \text{ m}, L/B_0=1.414$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0370 | 0 | 0 | 0.463 | 0.681 | 完 全 |
| 0.0385 | 0 | 0 | 0.481 | 0.641 | 〃 |
| 0.0410 | 0.0110 | 0.268 | 0.513 | 0.583 | 不完全 |
| 0.0445 | 0.0250 | 0.562 | 0.556 | 0.516 | 〃 |
| 0.0490 | 0.0375 | 0.765 | 0.613 | 0.447 | もぐり |

モデル No.6

$$Q=11.193 \text{ l/sec}=0.011193 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.604 \text{ m}, L/B_0=1.208$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0435 | 0 | 0 | 0.544 | 0.557 | 完 全 |
| 0.0445 | 0 | 0 | 0.556 | 0.539 | 〃 |
| 0.0455 | 0.0110 | 0.242 | 0.569 | 0.521 | 不完全 |
| 0.0475 | 0.0240 | 0.505 | 0.594 | 0.488 | 〃 |
| 0.0525 | 0.0350 | 0.667 | 0.656 | 0.420 | もぐり |

モデル No.5

$$Q=4.374 \text{ l/sec}=0.004374 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.750 \text{ m}, L/B_0=1.50$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0187 | 0 | 0 | 0.234 | 0.773 | 完 全 |
| 0.0197 | 0 | 0 | 0.246 | 0.715 | 〃 |
| 0.0198 | 0 | 0 | 0.248 | 0.709 | 〃 |
| 0.0203 | 0.0045 | 0.222 | 0.254 | 0.683 | 不完全 |
| 0.0243 | 0.0175 | 0.720 | 0.304 | 0.522 | もぐり |
| 0.0312 | 0.0310 | 0.994 | 0.390 | 0.359 | 〃 |

モデル No.7

$$Q=4.494 \text{ l/sec}=0.004494 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.604 \text{ m}, L/B_0=1.208$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0228 | 0 | 0 | 0.285 | 0.590 | 完 全 |
| 0.0237 | 0 | 0 | 0.296 | 0.556 | 〃 |
| 0.0247 | 0 | 0 | 0.309 | 0.523 | 〃 |
| 0.0248 | 0.0032 | 0.129 | 0.310 | 0.520 | 不完全 |
| 0.0277 | 0.0157 | 0.567 | 0.346 | 0.440 | 〃 |
| 0.0333 | 0.0278 | 0.835 | 0.416 | 0.334 | もぐり |

モデル No.5

$$Q=11.539 \text{ l/sec}=0.011539 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.750 \text{ m}, L/B_0=1.50$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0370 | 0 | 0 | 0.463 | 0.732 | 完 全 |
| 0.0385 | 0.0010 | 0.026 | 0.481 | 0.690 | 不完全 |
| 0.0410 | 0.0140 | 0.341 | 0.513 | 0.628 | 〃 |
| 0.0440 | 0.0260 | 0.591 | 0.550 | 0.565 | 〃 |
| 0.0490 | 0.0390 | 0.796 | 0.613 | 0.481 | もぐり |

モデル No.7

$$Q=11.404 \text{ l/sec}=0.011404 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.604 \text{ m}, L/B_0=1.208$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0425 | 0 | 0 | 0.531 | 0.588 | 完 全 |
| 0.0430 | 0.0005 | 0.012 | 0.538 | 0.578 | 〃 |
| 0.0490 | 0.0140 | 0.286 | 0.613 | 0.475 | 不完全 |
| 0.0490 | 0.0270 | 0.551 | 0.613 | 0.475 | 〃 |
| 0.0545 | 0.0410 | 0.752 | 0.681 | 0.405 | もぐり |

モデル No.8

$$Q=4.661 \text{ l/sec}=0.004661 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.582 \text{ m}, L/B_0=1.164$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0245 | 0 | 0 | 0.306 | 0.549 | 完 全 |
| 0.0250 | 0 | 0 | 0.313 | 0.533 | 〃 |
| 0.0255 | 0.0045 | 0.180 | 0.319 | 0.517 | 不完全 |
| 0.0290 | 0.0175 | 0.603 | 0.363 | 0.426 | 〃 |

モデル No.9

$$Q=11.462 \text{ l/sec}=0.011462 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.605 \text{ m}, L/B_0=1.21$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0430 | 0 | 0 | 0.538 | 0.581 | 完 全 |
| 0.0440 | 0.0015 | 0.034 | 0.550 | 0.561 | 不完全 |
| 0.0460 | 0.0150 | 0.326 | 0.575 | 0.525 | 〃 |
| 0.0495 | 0.0280 | 0.566 | 0.619 | 0.470 | 〃 |
| 0.0545 | 0.0415 | 0.761 | 0.681 | 0.407 | もぐり |
| 0.0650 | 0.0590 | 0.908 | 0.813 | 0.312 | 〃 |

モデル No.8

$$Q=11.098 \text{ l/sec}=0.011098 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.582 \text{ m}, L/B_0=1.164$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0420 | 0 | 0 | 0.525 | 0.582 | 完 全 |
| 0.0455 | 0 | 0 | 0.569 | 0.517 | 〃 |
| 0.0460 | 0.0120 | 0.261 | 0.575 | 0.508 | 不完全 |
| 0.0490 | 0.0260 | 0.531 | 0.613 | 0.462 | 〃 |
| 0.0540 | 0.0395 | 0.731 | 0.675 | 0.400 | もぐり |

モデル No.10

$$Q=4.661 \text{ l/sec}=0.004661 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.605 \text{ m}, L/B_0=1.21$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0235 | 0 | 0 | 0.294 | 0.584 | 完 全 |
| 0.0245 | 0 | 0 | 0.306 | 0.549 | 〃 |
| 0.0255 | 0.0045 | 0.176 | 0.319 | 0.517 | 不完全 |
| 0.0295 | 0.0185 | 0.627 | 0.369 | 0.416 | 〃 |
| 0.0365 | 0.0315 | 0.863 | 0.456 | 0.302 | もぐり |

モデル No.9

$$Q=4.924 \text{ l/sec}=0.004924 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.605 \text{ m}, L/B_0=1.21$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0230 | 0 | 0 | 0.288 | 0.638 | 完 全 |
| 0.0260 | 0 | 0 | 0.325 | 0.531 | 〃 |
| 0.0270 | 0.0085 | 0.315 | 0.338 | 0.501 | 不完全 |
| 0.0310 | 0.0225 | 0.726 | 0.388 | 0.408 | もぐり |
| 0.0390 | 0.0350 | 0.897 | 0.488 | 0.287 | 〃 |

モデル No.10

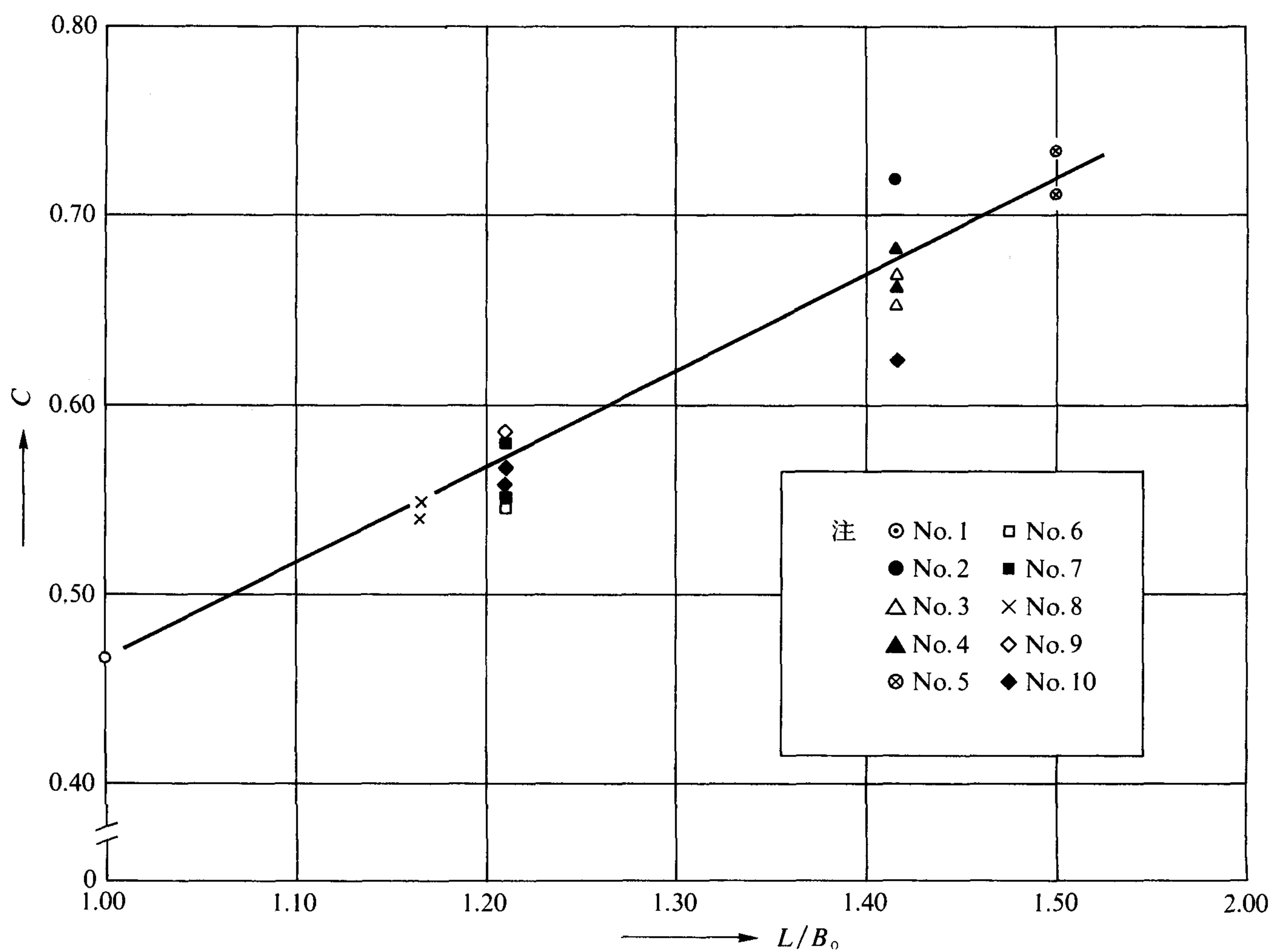
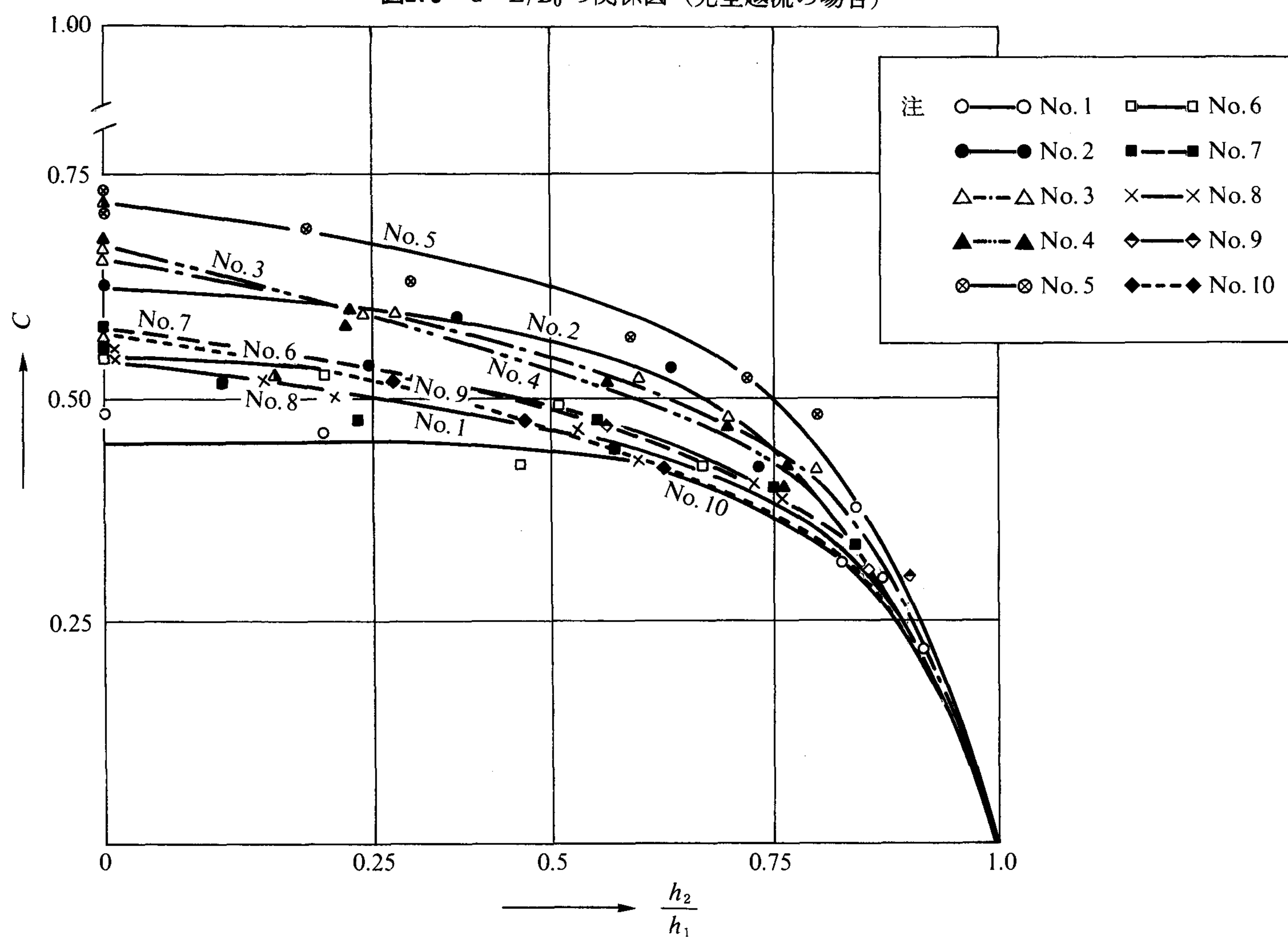
$$Q=11.559 \text{ l/sec}=0.011559 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.5 \text{ m}, L=0.605 \text{ m}, L/B_0=1.21$$

$$D=0.08 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0435 | 0 | 0 | 0.544 | 0.576 | 完 全 |
| 0.0450 | 0 | 0 | 0.563 | 0.547 | 〃 |
| 0.0495 | 0.0235 | 0.475 | 0.619 | 0.474 | 不完全 |
| 0.0595 | 0.0375 | 0.630 | 0.744 | 0.360 | 〃 |

図2.3 $C \sim L/B_0$ の関係図 (完全越流の場合)図2.4 $C \sim h_2/h_1$ の関係図

次に、横越流堰として、13種類の形状の実験について述べる。

実験設備は図3.1、図3.2に示されているように、上流は四角堰から越流量を流し、主水路幅0.3 m、長さ6.56 mの中、上流から2.7 mの位置より、幅0.6 mの分流水路（副水路）を作り、主水路、副水路の下流部の落下地点で、それぞれ重量法によって流量を測定して、分流流量を正確に把握した。主水路と副水路の分岐点（水路幅 $B_0=0.6$ m）に、図3.3、写真3.3に示す13種類の

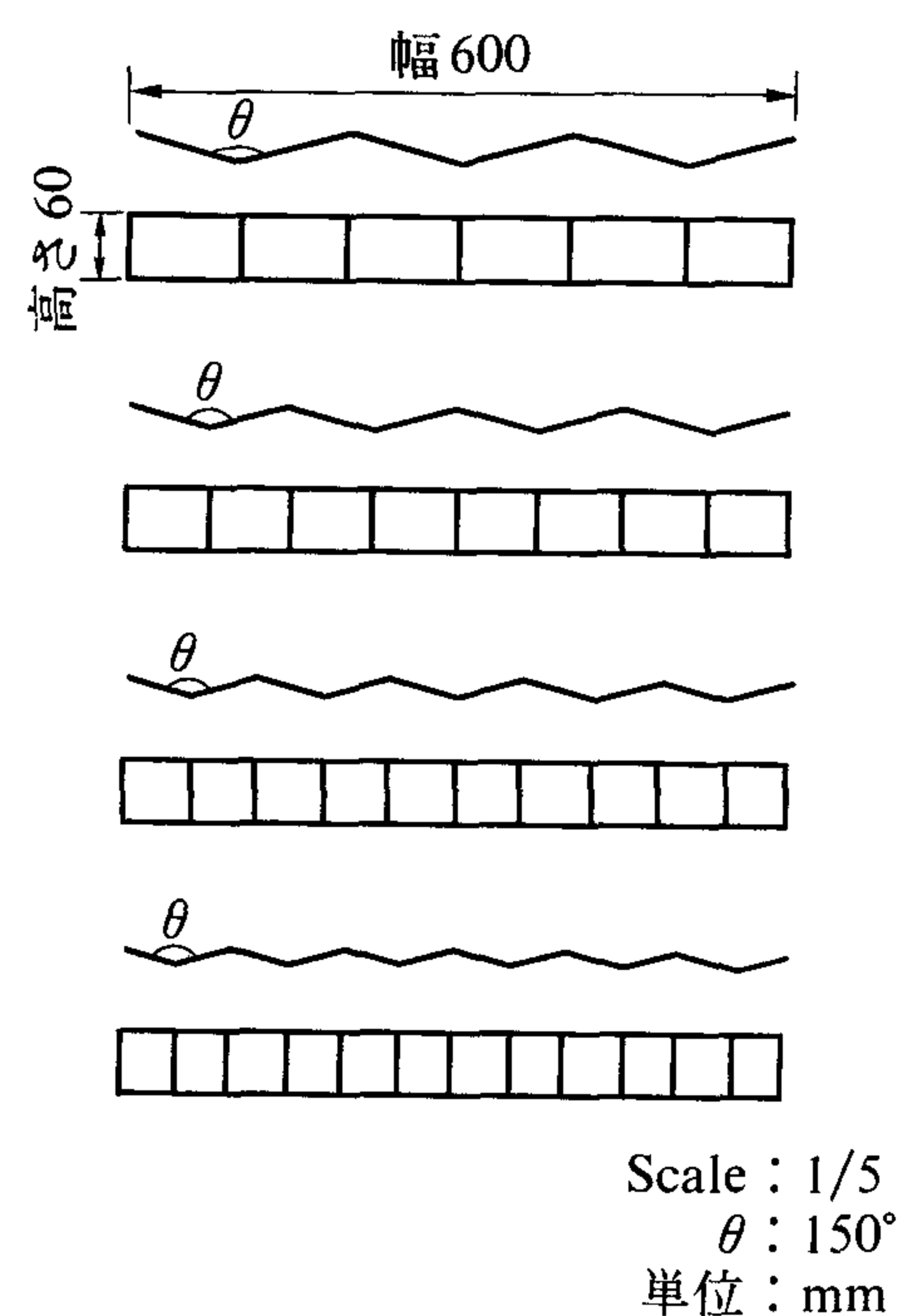
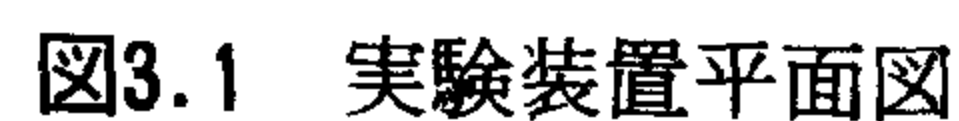


图3.3 横越流堰平面形状

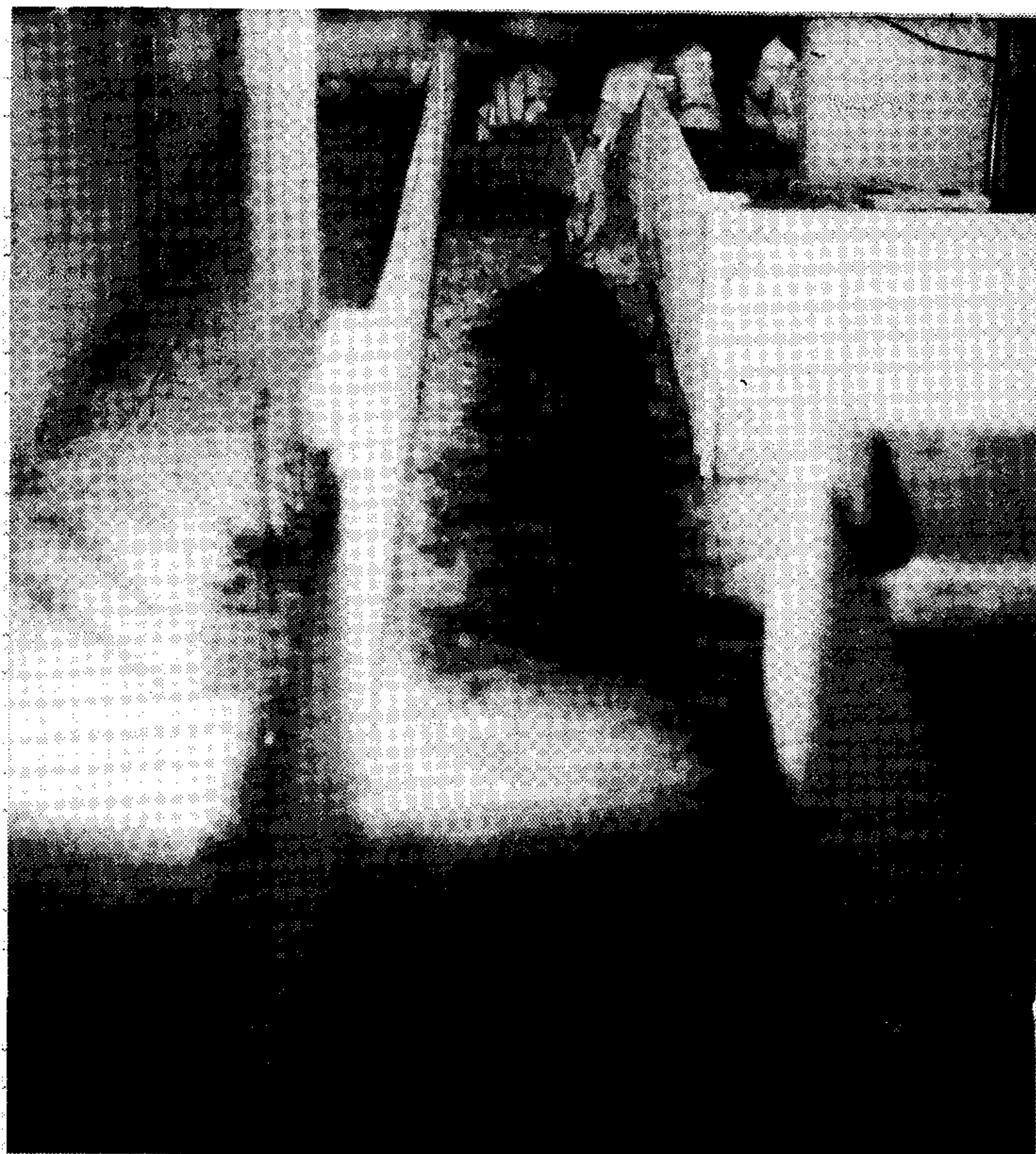


写真3.1 主水路平面写真

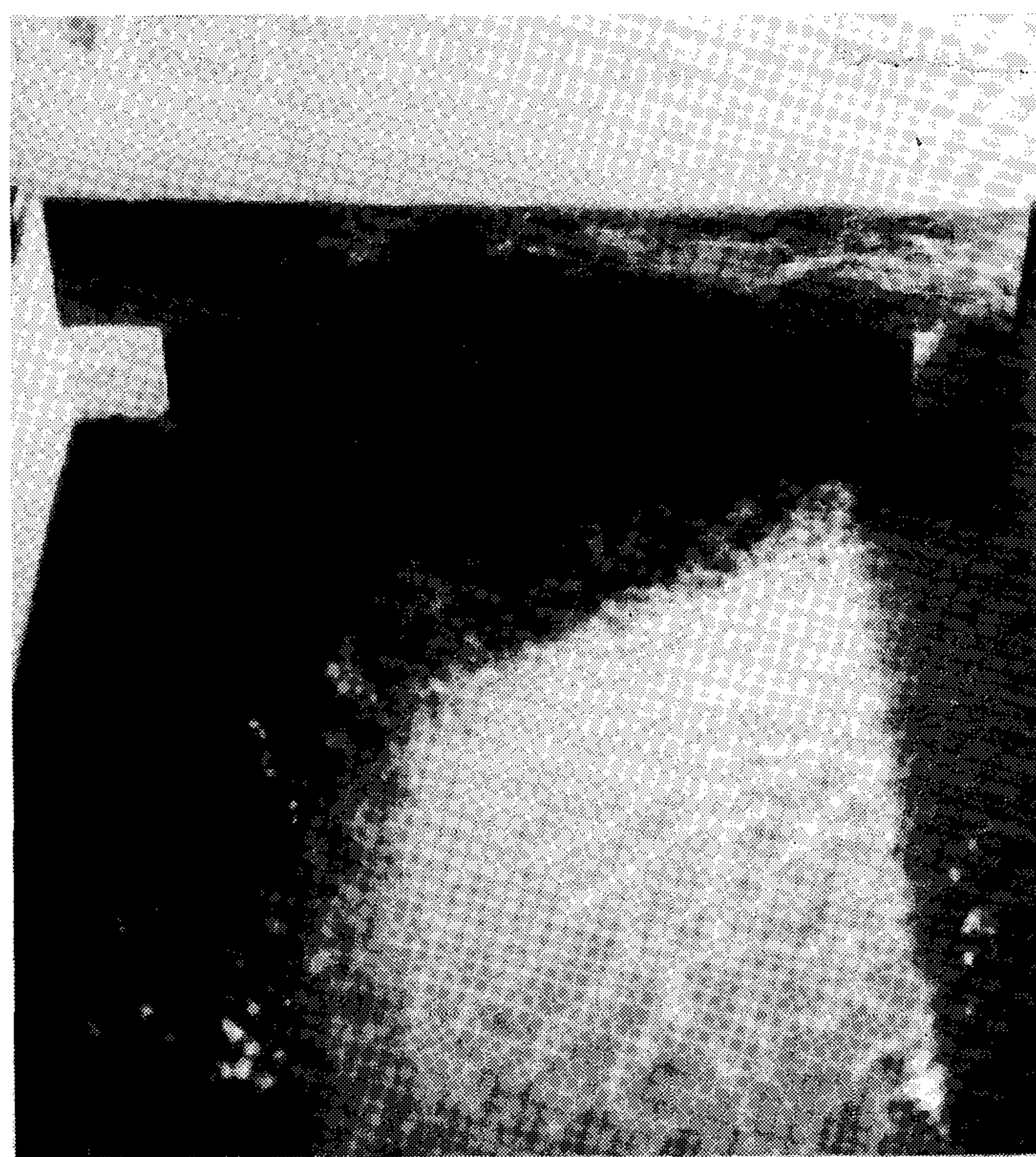


写真3.2 副水路平面写真

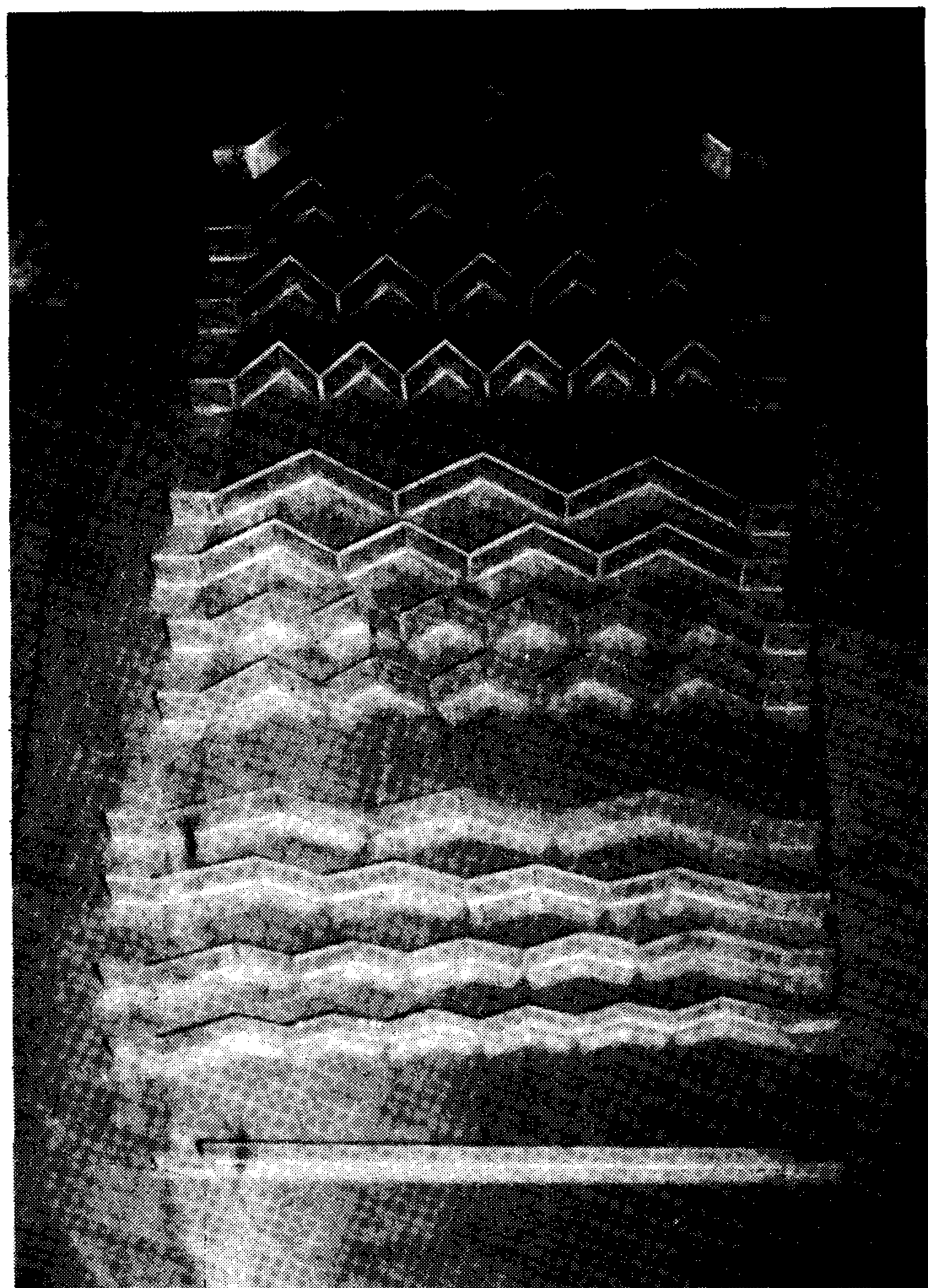


写真3.3 特殊形状刃形堰

形状の高さ 0.06 m, 堰長 $L=0.6\text{ m}\sim 0.849\text{ m}$ の横越流堰を取り付けて実験した。この堰は、厚さ 5 mm のアクリル板を 45° に角をおとした刃形堰を使用した。横越流堰下流側の水位は水路末端のゲートによって調節し、主水路の流量はタンクバルブの調節によって流した。その結果、副水路の流量は $Q=1.098\text{ l/sec}\sim 3.331\text{ l/sec}$ となり、水位の測定は図3.2に示した位置で、ポイントゲージによって測定し、流線はウォーターブルーを流し、これを写真に撮った。また横越流状況を写真3.4に示した。

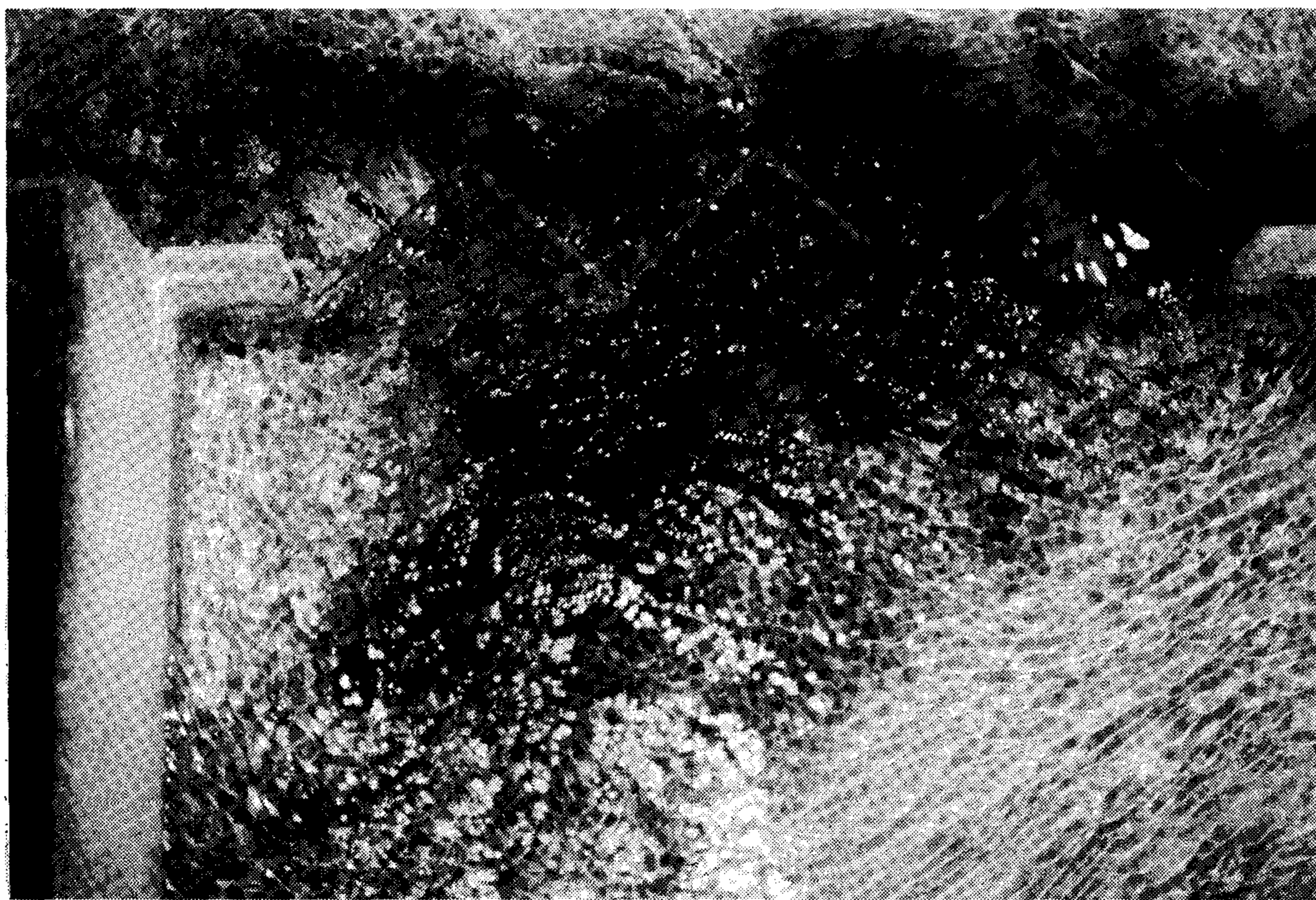


写真3.4 横越流越流状況

左上：完全越流状態における越流状況（正面）

右上：潜り越流状態における越流状況（正面）

中央：完全越流状態における越流状況（真上）

(2) 実験結果とその解析

主水路の比エネルギーを E , 主水路を流れる流量 Q_p , 主水路の流積を A , 主水路の水深を H , 越流堰の直線長を B_0 とし, 越流堰の上流から下流に向って, 直線長 l を取れば

$$E = H + \frac{Q_p^2}{2gA^2} = \text{一定} \quad (3-1)$$

(3-1)式より

$$Q_p = A \sqrt{2g(E-H)} \quad (3-2)$$

(3-2)式を l について微分すれば

$$\begin{aligned} \frac{dQ_p}{dl} &= \frac{dQ_p}{dH} \frac{dH}{dl} \\ &= \frac{dH}{dl} \left\{ \frac{dA}{dH} \sqrt{2g(E-H)} - \frac{2gA}{2\sqrt{2g(E-H)}} \right\} \end{aligned} \quad (3-3)$$

ここで, $dA/dH = B_0$ であるから (3-3)式は (3-2)式より

$$\begin{aligned} \frac{dQ_p}{dl} &= \frac{dH}{dl} \left\{ B_0 \sqrt{2g(E-H)} - \frac{gA}{\sqrt{2g(E-H)}} \right\} \\ &= \frac{dH}{dl} \left(B_0 \frac{Q_p}{A} - \frac{gA}{Q_p} \right) = \frac{dH}{dl} \left(\frac{B_0 Q_p}{A} - \frac{gA^2}{Q_p^2} \right) \\ &= \frac{dH}{dl} \left(\frac{B_0 Q_p^2 - gA^3}{A Q_p} \right) \end{aligned} \quad (3-4)$$

いま若し,

- (a) $B_0 Q_p^2 - gA^3 > 0$ 又は $Q_p^2 B_0 / gA^3 > 1$ の場合は射流となり $dQ_p/dl < 0$ であるから $dH/dl < 0$ となり, 図3.4のような水面形になる。
- (b) $B_0 Q_p^2 - gA^3 < 0$ 又は $Q_p^2 B_0 / gA^3 < 1$ の場合は常流となり $dQ_p/dl < 0$ であるから $dH/dl < 0$ となり, 図3.5のよ

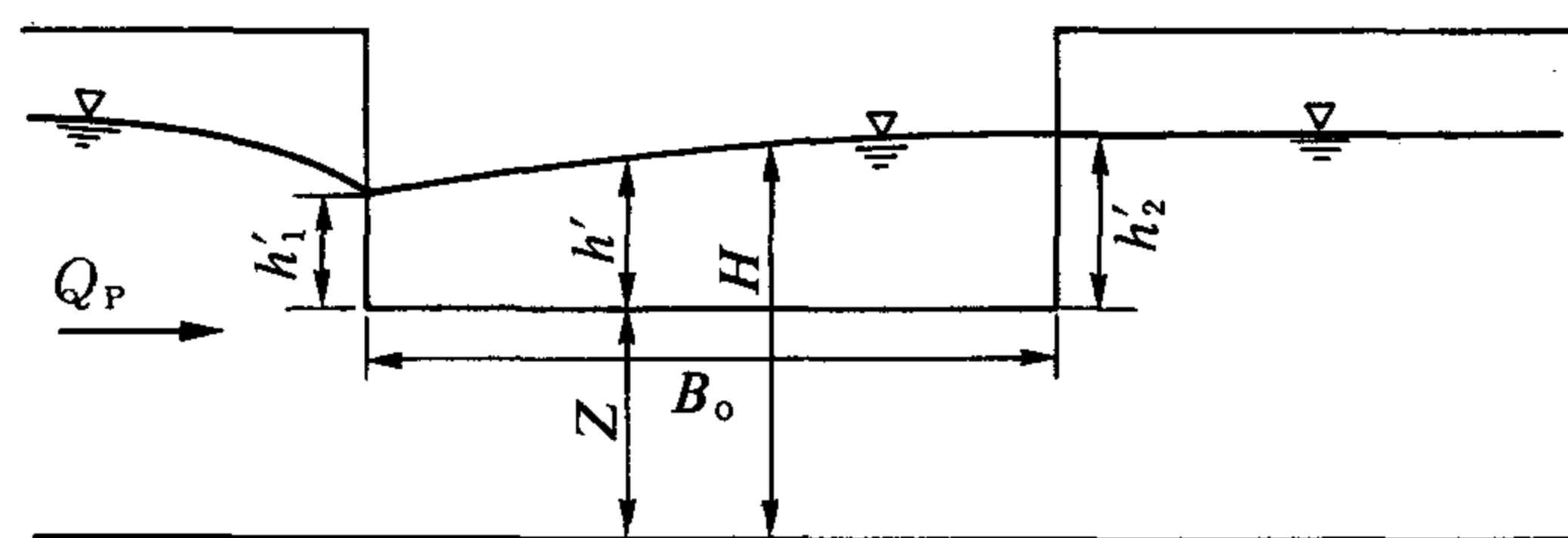


図3.4

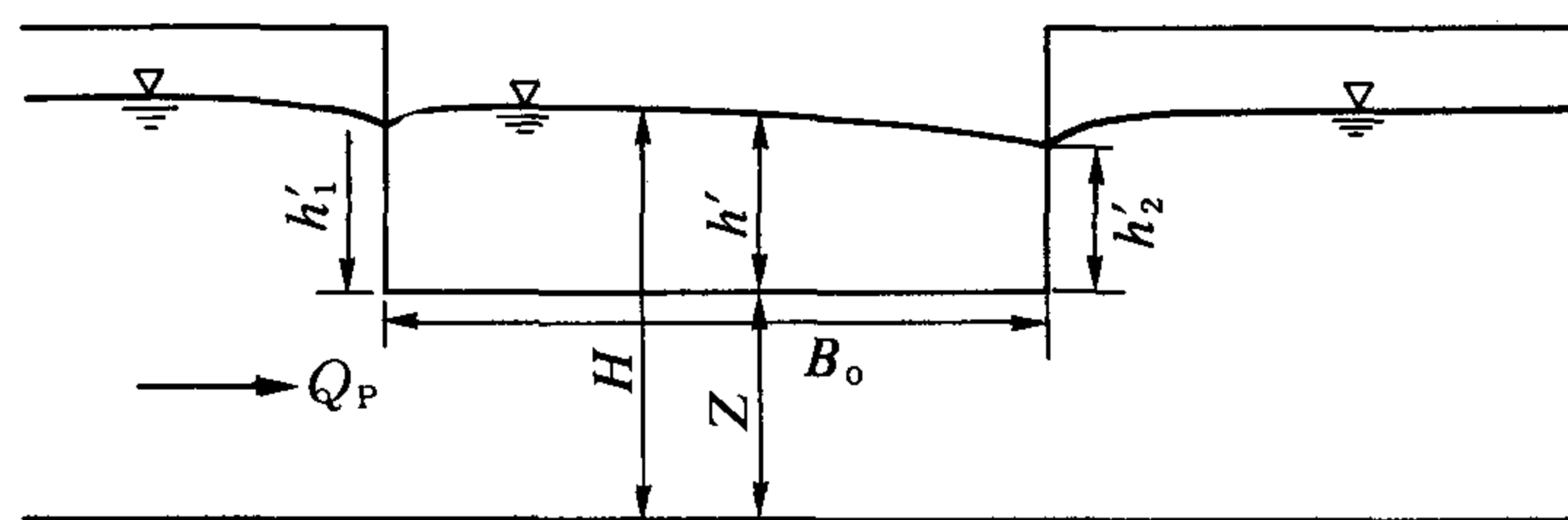


図3.5

うな水面形になる。

射流, 常流の基本的な水面形が図3.4, 図3.5になり Frazer⁴⁾は, 横越流堰に沿う主流の水面形について, 図3.6のような5種類すなわち(a), (b), (c), (d), (e)になることを提案している。

(a) 堰の始まる点或いはその近傍の水深 H_1 限界水深 H_c とほぼ同じで, 附近の流れは, 限界流となり, 堰部における流れは射流で, 水深 H は堰に沿って次第に減少する。

(b) 堰の始まる点の水深 H_1 は限界水深 H_c より大きく, 堰部の流れは常流となり, 水深 H は堰に沿って次第に増加する水面形になる。

(c) 堰の始まる点における流れは(a)型であるが, 堰部で跳水が起り, 跳水より下流では跳水によるエネルギー損失だけ比エネルギー E が減少した(b)型の流れに変わる水面形になる。

(d) 堰の始まる点の水深 H_1 は, 限界水深 H_c より小さく, 堰部の流れは射流となり, 水深 H は堰に沿って次第に減少した水面形になる。

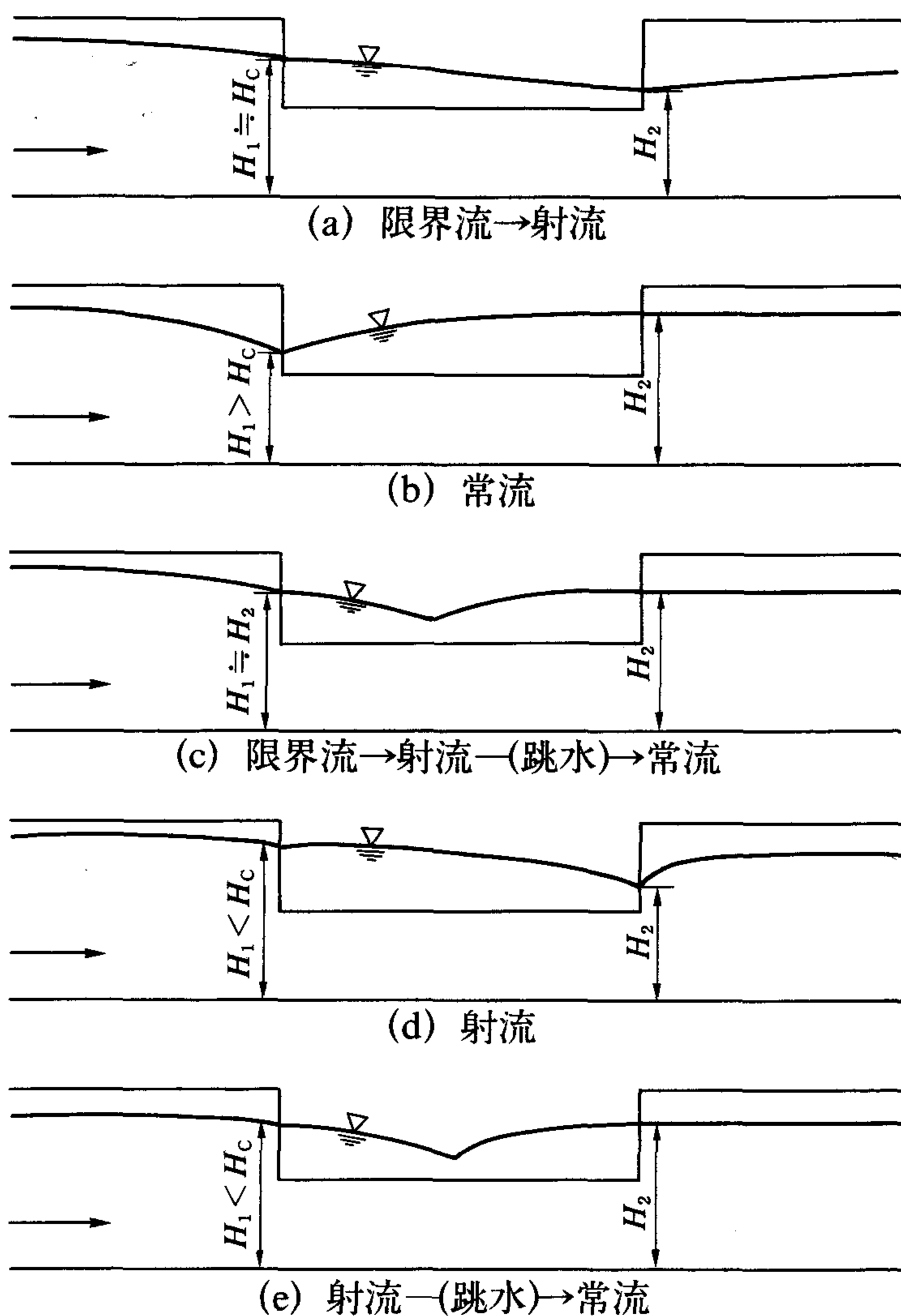


図3.6 Frazer による各種条件による水面形状

(e) 堰の始まる点の流れは(d)型であるが、堰部で跳水が起り、跳水より下流では跳水によるエネルギー損失だけ比エネルギー E が減少した(b)型の流れになる。

本実験における横越流堰の水面形の一例として、直線型 ($\theta=180^\circ$, $n=0$ の場合) の水面形を図3.7～図3.9に示したが、この場合は何れも、堰の始まる点の水深 H_1 は限界水深 H_c より大きく、Frazer 分類の(b)型になると考えられる。

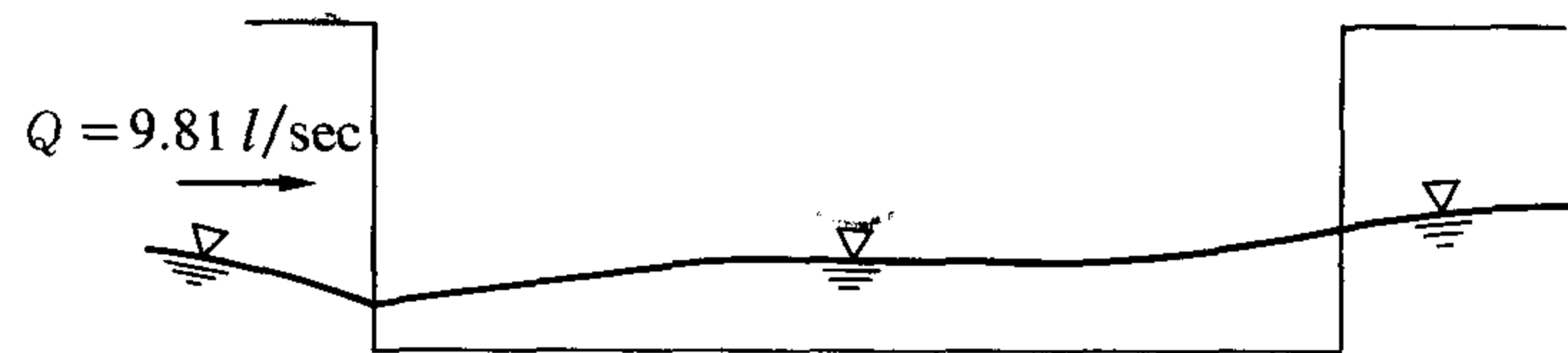


図3.7 完全越流水面形

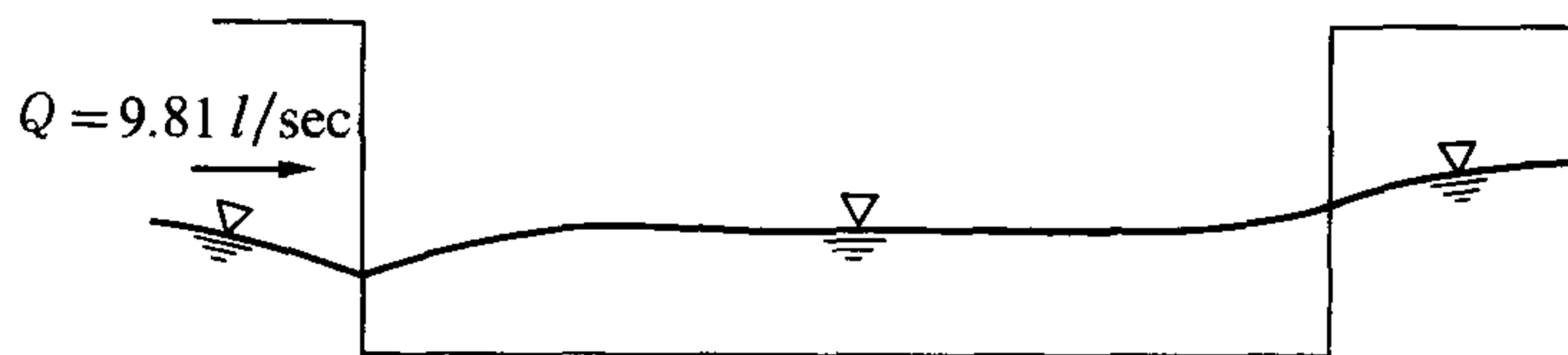


図3.8 不完全越流水面形

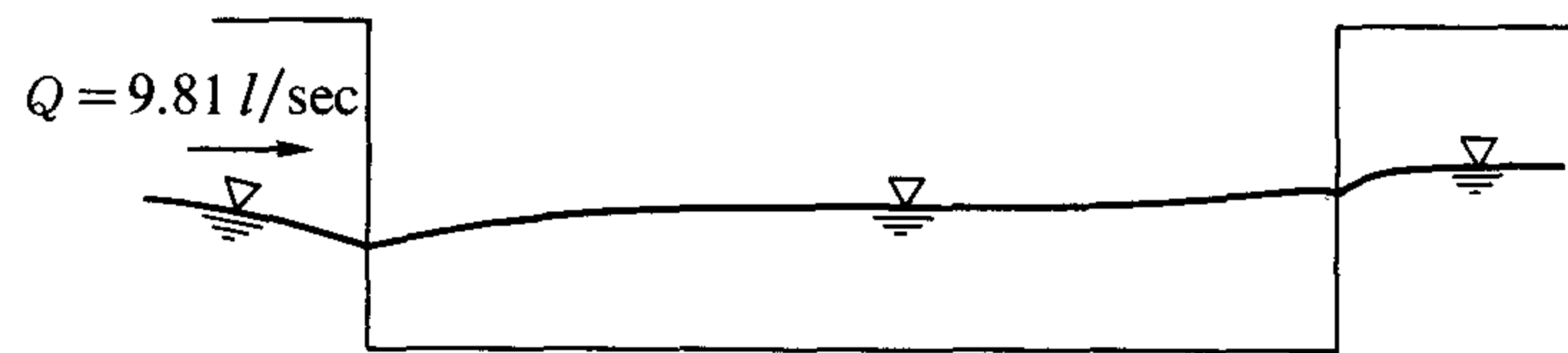


図3.9 潜り越流水面形

次に、種々の形状、すなわち θ, n の変化による横越流堰の流量係数 C の値を実験値を基にして求めて見れば、表3.1のようになり、表3.1の値より流量係数 C と横越流堰の越流水深の平均値 h_1 と越流後の水深 h_2 との関係、すなわち $C \sim h_2/h_1$ の関係及び流量係数 C と堰長 L 、横越流水路幅 B_0 、三角形突起部の角度 θ 、上流側突起数 n との関係、すなわち n, θ をパラメータとした $C \sim L/B_0$ の関係を図3.10、図3.11に表わした。図3.10によれば、2.の越流堰の実験の実験結果図2.4のような明らかな関係は見られなかった。

また、図3.11によれば L/B_0 の値が大きくなれば、 C の値は小さく、 θ の値が大きくなれば C の値は大きく、すなわち直線水路の横越流堰に近くなれば C の値は大きくなることがわかった。これは、三角形の角度を小さくすると堰長が長くなる以上に、抵抗が大きくなって流れにくくなると考えられる。さらに、完全越流の場合

の C の値は、不完全越流、もぐり越流の場合より大きいことがわかった。

表 3.1 流量係数 $C \sim h_2/h_1, L/B_0$ 関係表

| $\theta=90^\circ, n=3$ | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| $Q=1.319 \text{ l/sec}=0.001319 \text{ m}^3/\text{sec}$ | | | | | | | |
| $B_0=0.6 \text{ m}, L=0.849 \text{ m}, L/B_0=1.414$ | | | | | | | |
| $D=0.06 \text{ m}$ | | | | | | | |
| $Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$ | | | | | | | |
| $h_\perp(\text{m})$ | $h_\top(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
| 0.0173 | 0.0168 | 0.0170 | 0 | 0 | 0.285 | 0.222 | 完全 |
| 0.0177 | 0.0170 | 0.0174 | 0.0030 | 0.172 | 0.290 | 0.216 | 不完全 |

| $\theta=90^\circ, n=3$ | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| $Q=2.481 \text{ l/sec}=0.002481 \text{ m}^3/\text{sec}$ | | | | | | | |
| $B_0=0.6 \text{ m}, L=0.849 \text{ m}, L/B_0=1.414$ | | | | | | | |
| $D=0.06 \text{ m}$ | | | | | | | |
| $Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$ | | | | | | | |
| $h_\perp(\text{m})$ | $h_\top(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
| 0.0236 | 0.0267 | 0.0252 | 0 | 0 | 0.420 | 0.234 | 完全 |
| 0.0291 | 0.0288 | 0.0289 | 0.0156 | 0.540 | 0.482 | 0.190 | 不完全 |
| 0.0313 | 0.0330 | 0.0322 | 0.0207 | 0.643 | 0.537 | 0.162 | もぐり |

| $\theta=90^\circ, n=4$ | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| $Q=1.271 \text{ l/sec}=0.001271 \text{ m}^3/\text{sec}$ | | | | | | | |
| $B_0=0.60 \text{ m}, L=0.849 \text{ m}, L/B_0=1.414$ | | | | | | | |
| $D=0.06 \text{ m}$ | | | | | | | |
| $Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$ | | | | | | | |
| $h_\perp(\text{m})$ | $h_\top(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
| 0.0121 | 0.0165 | 0.0143 | 0 | 0 | 0.238 | 0.280 | 完全 |
| 0.0175 | 0.0207 | 0.0191 | 0.0116 | 0.607 | 0.318 | 0.181 | 不完全 |
| 0.0250 | 0.0195 | 0.0223 | 0.0203 | 0.910 | 0.372 | 0.144 | もぐり |

| $\theta=90^\circ, n=4$ | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| $Q=2.591 \text{ l/sec}=0.002591 \text{ m}^3/\text{sec}$ | | | | | | | |
| $B_0=0.60 \text{ m}, L=0.849 \text{ m}, L/B_0=1.414$ | | | | | | | |
| $D=0.06 \text{ m}$ | | | | | | | |
| $Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$ | | | | | | | |
| $h_\perp(\text{m})$ | $h_\top(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
| 0.0209 | 0.0241 | 0.0225 | 0 | 0 | 0.375 | 0.289 | 完全 |
| 0.0257 | 0.0288 | 0.0273 | 0.0150 | 0.549 | 0.455 | 0.216 | 不完全 |
| 0.0285 | 0.0318 | 0.0302 | 0.0183 | 0.606 | 0.503 | 0.186 | " |

$$\theta=90^\circ, n=5$$

$$Q=1.170 \text{ l/sec}=0.00117 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.60 \text{ m}, L=0.849 \text{ m}, L/B_0=1.414$$

$$D=0.06 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_\perp(\text{m})$ | $h_\mp(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.011 | 0.0152 | 0.0132 | 0 | 0 | 0.219 | 0.292 | 完全 |
| 0.0143 | 0.0172 | 0.0158 | 0.0088 | 0.513 | 0.263 | 0.222 | 不完全 |
| 0.0138 | 0.0176 | 0.0157 | 0.0110 | 0.700 | 0.262 | 0.224 | もぐり |

$$\theta=90^\circ, n=5$$

$$Q=2.501 \text{ l/sec}=0.002501 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.60 \text{ m}, L=0.849 \text{ m}, L/B_0=1.414$$

$$D=0.06 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_\perp(\text{m})$ | $h_\mp(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0180 | 0.0231 | 0.0206 | 0 | 0 | 0.343 | 0.319 | 完全 |
| 0.0222 | 0.0252 | 0.0237 | 0.0128 | 0.540 | 0.395 | 0.258 | 不完全 |
| 0.0252 | 0.0285 | 0.0269 | 0.0151 | 0.561 | 0.448 | 0.213 | 〃 |

$$\theta=90^\circ, n=6$$

$$Q=1.240 \text{ l/sec}=0.00124 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.60 \text{ m}, L=0.849 \text{ m}, L/B_0=1.414$$

$$D=0.06 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_\perp(\text{m})$ | $h_\mp(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0108 | 0.0149 | 0.0129 | 0 | 0 | 0.215 | 0.319 | 完全 |
| 0.0111 | 0.0150 | 0.0131 | 0.0046 | 0.351 | 0.218 | 0.311 | 不完全 |
| 0.0163 | 0.0196 | 0.0179 | 0.0120 | 0.670 | 0.298 | 0.195 | もぐり |

$$\theta=90^\circ, n=6$$

$$Q=2.718 \text{ l/sec}=0.002718 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.60 \text{ m}, L=0.849 \text{ m}, L/B_0=1.414$$

$$D=0.06 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_\perp(\text{m})$ | $h_\mp(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0186 | 0.0253 | 0.0219 | 0 | 0 | 0.365 | 0.316 | 完全 |
| 0.0236 | 0.0288 | 0.0262 | 0.0135 | 0.515 | 0.437 | 0.241 | 不完全 |
| 0.0246 | 0.0301 | 0.0274 | 0.0186 | 0.679 | 0.457 | 0.226 | もぐり |

$$\theta=120^\circ, n=3$$

$$Q=1.098 \text{ l/sec}=0.001098 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.60 \text{ m}, L=0.693 \text{ m}, L/B_0=1.155$$

$$D=0.06 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_\perp(\text{m})$ | $h_\mp(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0117 | 0.0142 | 0.0129 | 0 | 0 | 0.215 | 0.282 | 完全 |
| 0.0134 | 0.0149 | 0.0142 | 0.0038 | 0.268 | 0.237 | 0.244 | 不完全 |
| 0.0140 | 0.0172 | 0.0156 | 0.0082 | 0.526 | 0.260 | 0.212 | 〃 |

$$\theta=120^\circ, n=3$$

$$Q=2.689 \text{ l/sec}=0.002689 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.60 \text{ m}, L=0.693 \text{ m}, L/B_0=1.155$$

$$D=0.06 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_\perp(\text{m})$ | $h_\mp(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0185 | 0.0242 | 0.0214 | 0 | 0 | 0.357 | 0.323 | 完全 |
| 0.0216 | 0.0270 | 0.0243 | 0.0130 | 0.534 | 0.405 | 0.267 | 不完全 |
| 0.0233 | 0.0283 | 0.0258 | 0.0155 | 0.601 | 0.430 | 0.244 | 〃 |

$$\theta=120^\circ, n=4$$

$$Q=1.120 \text{ l/sec}=0.00112 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.60 \text{ m}, L=0.693 \text{ m}, L/B_0=1.155$$

$$D=0.06 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_\perp(\text{m})$ | $h_\mp(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0098 | 0.0136 | 0.0117 | 0 | 0 | 0.195 | 0.333 | 完全 |
| 0.0105 | 0.0125 | 0.0115 | 0.0063 | 0.548 | 0.192 | 0.342 | 不完全 |
| 0.0152 | 0.0188 | 0.0170 | 0.0101 | 0.594 | 0.283 | 0.190 | 〃 |

$$\theta=120^\circ, n=4$$

$$Q=2.844 \text{ l/sec}=0.002844 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0=0.60 \text{ m}, L=0.693 \text{ m}, L/B_0=1.155$$

$$D=0.06 \text{ m}$$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_\perp(\text{m})$ | $h_\mp(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0160 | 0.0228 | 0.0194 | 0 | 0 | 0.323 | 0.396 | 完全 |
| 0.0232 | 0.0274 | 0.0253 | 0.0150 | 0.593 | 0.422 | 0.266 | 不完全 |
| 0.0257 | 0.0310 | 0.0284 | 0.0188 | 0.662 | 0.473 | 0.224 | もぐり |

$$\theta = 120^\circ, n = 5$$

$$Q = 1.203 \text{ l/sec} = 0.001203 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0 = 0.60 \text{ m}, L = 0.693 \text{ m}, L/B_0 = 1.155$$

$$D = 0.06 \text{ m}$$

$$Q = CB_0 \sqrt{2g} h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{T}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0097 | 0.0136 | 0.0117 | 0 | 0 | 0.195 | 0.358 | 完全 |
| 0.0142 | 0.0180 | 0.0161 | 0.0081 | 0.503 | 0.268 | 0.222 | 不完全 |
| 0.0151 | 0.0167 | 0.0159 | 0.0116 | 0.729 | 0.265 | 0.226 | もぐり |

$$\theta = 150^\circ, n = 3$$

$$Q = 1.250 \text{ l/sec} = 0.00125 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0 = 0.60 \text{ m}, L = 0.621 \text{ m}, L/B_0 = 1.035$$

$$D = 0.06 \text{ m}$$

$$Q = CB_0 \sqrt{2g} h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{T}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0094 | 0.0136 | 0.0115 | 0 | 0 | 0.192 | 0.382 | 完全 |
| 0.0111 | 0.0155 | 0.0133 | 0.0061 | 0.459 | 0.222 | 0.307 | 不完全 |
| 0.0157 | 0.0217 | 0.0187 | 0.0082 | 0.439 | 0.312 | 0.184 | 〃 |

$$\theta = 120^\circ, n = 5$$

$$Q = 2.790 \text{ l/sec} = 0.00279 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0 = 0.60 \text{ m}, L = 0.693 \text{ m}, L/B_0 = 1.155$$

$$D = 0.06 \text{ m}$$

$$Q = CB_0 \sqrt{2g} h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{T}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0161 | 0.0226 | 0.0194 | 0 | 0 | 0.323 | 0.389 | 完全 |
| 0.0214 | 0.0270 | 0.0242 | 0.0153 | 0.632 | 0.403 | 0.279 | 不完全 |
| 0.0251 | 0.0241 | 0.0246 | 0.0221 | 0.898 | 0.410 | 0.272 | もぐり |

$$\theta = 150^\circ, n = 3$$

$$Q = 2.877 \text{ l/sec} = 0.002877 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0 = 0.60 \text{ m}, L = 0.621 \text{ m}, L/B_0 = 1.035$$

$$D = 0.06 \text{ m}$$

$$Q = CB_0 \sqrt{2g} h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{T}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0198 | 0.0222 | 0.0210 | 0 | 0 | 0.350 | 0.356 | 完全 |
| 0.0194 | 0.0257 | 0.0226 | 0.0134 | 0.593 | 0.377 | 0.319 | 不完全 |
| 0.0231 | 0.0277 | 0.0254 | 0.0187 | 0.736 | 0.423 | 0.268 | もぐり |

$$\theta = 120^\circ, n = 6$$

$$Q = 1.208 \text{ l/sec} = 0.001208 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0 = 0.60 \text{ m}, L = 0.693 \text{ m}, L/B_0 = 1.155$$

$$D = 0.06 \text{ m}$$

$$Q = CB_0 \sqrt{2g} h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{T}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0094 | 0.0140 | 0.0117 | 0 | 0 | 0.195 | 0.359 | 完全 |
| 0.0139 | 0.0168 | 0.0154 | 0.0065 | 0.422 | 0.257 | 0.238 | 不完全 |
| 0.0143 | 0.0148 | 0.0146 | 0.0090 | 0.616 | 0.258 | 0.243 | 〃 |

$$\theta = 150^\circ, n = 4$$

$$Q = 1.233 \text{ l/sec} = 0.001233 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0 = 0.60 \text{ m}, L = 0.621 \text{ m}, L/B_0 = 1.035$$

$$D = 0.06 \text{ m}$$

$$Q = CB_0 \sqrt{2g} h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{T}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0086 | 0.0135 | 0.0111 | 0 | 0 | 0.185 | 0.397 | 完全 |
| 0.0110 | 0.0166 | 0.0138 | 0.0086 | 0.623 | 0.230 | 0.286 | 不完全 |
| 0.0134 | 0.0171 | 0.0153 | 0.0114 | 0.745 | 0.255 | 0.245 | もぐり |

$$\theta = 120^\circ, n = 6$$

$$Q = 2.804 \text{ l/sec} = 0.002804 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0 = 0.60 \text{ m}, L = 0.693 \text{ m}, L/B_0 = 1.155$$

$$D = 0.06 \text{ m}$$

$$Q = CB_0 \sqrt{2g} h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{T}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0159 | 0.0238 | 0.0199 | 0 | 0 | 0.332 | 0.376 | 完全 |
| 0.0203 | 0.0254 | 0.0229 | 0.0138 | 0.603 | 0.382 | 0.305 | 不完全 |
| 0.0234 | 0.0293 | 0.0264 | 0.0194 | 0.735 | 0.440 | 0.246 | もぐり |

$$\theta = 150^\circ, n = 4$$

$$Q = 2.771 \text{ l/sec} = 0.002771 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$B_0 = 0.60 \text{ m}, L = 0.621 \text{ m}, L/B_0 = 1.035$$

$$D = 0.06 \text{ m}$$

$$Q = CB_0 \sqrt{2g} h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{T}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-----|
| 0.0179 | 0.0221 | 0.0200 | 0 | 0 | 0.333 | 0.369 | 完全 |
| 0.0193 | 0.0259 | 0.0226 | 0.0120 | 0.531 | 0.377 | 0.307 | 不完全 |
| 0.0217 | 0.0268 | 0.0243 | 0.0170 | 0.699 | 0.405 | 0.275 | もぐり |

$\theta=150^{\circ}, n=5$
 $Q=1.205 \text{ l/sec}=0.001205 \text{ m}^3/\text{sec}$
 $B_0=0.60 \text{ m}, L=0.621 \text{ m}, L/B_0=1.035$
 $D=0.06 \text{ m}$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{下}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-------|
| 0.0080 | 0.0130 | 0.0105 | 0 | 0 | 0.175 | 0.422 | 完 全 |
| 0.0095 | 0.0142 | 0.0119 | 0.0094 | 0.790 | 0.198 | 0.349 | も ぐ り |
| 0.0115 | 0.0148 | 0.0132 | 0.0107 | 0.811 | 0.220 | 0.299 | 〃 |

$\theta=150^{\circ}, n=5$
 $Q=3.331 \text{ l/sec}=0.003331 \text{ m}^3/\text{sec}$
 $B_0=0.60 \text{ m}, L=0.621 \text{ m}, L/B_0=1.035$
 $D=0.06 \text{ m}$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{下}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-------|
| 0.0200 | 0.0250 | 0.0225 | 0 | 0 | 0.375 | 0.372 | 完 全 |
| 0.0200 | 0.0229 | 0.0215 | 0.0130 | 0.605 | 0.358 | 0.398 | 不完全 |
| 0.0236 | 0.0286 | 0.0261 | 0.0191 | 0.732 | 0.435 | 0.297 | も ぐ り |

$\theta=150^{\circ}, n=6$
 $Q=1.250 \text{ l/sec}=0.00125 \text{ m}^3/\text{sec}$
 $B_0=0.60 \text{ m}, L=0.621 \text{ m}, L/B_0=1.035$
 $D=0.06 \text{ m}$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{下}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-------|
| 0.0086 | 0.0134 | 0.0110 | 0 | 0 | 0.183 | 0.408 | 完 全 |
| 0.0100 | 0.0185 | 0.0143 | 0.0094 | 0.657 | 0.238 | 0.275 | 不完全 |
| 0.0129 | 0.0163 | 0.0146 | 0.0120 | 0.822 | 0.243 | 0.267 | も ぐ り |

$\theta=150^{\circ}, n=6$
 $Q=2.323 \text{ l/sec}=0.002323 \text{ m}^3/\text{sec}$
 $B_0=0.60 \text{ m}, L=0.621 \text{ m}, L/B_0=1.035$
 $D=0.06 \text{ m}$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{下}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-------|
| 0.0126 | 0.0261 | 0.0194 | 0 | 0 | 0.323 | 0.324 | 完 全 |
| 0.0150 | 0.0210 | 0.0180 | 0.0130 | 0.722 | 0.300 | 0.362 | も ぐ り |

$\theta=180^{\circ}, n=0$ (直線)
 $Q=1.194 \text{ l/sec}=0.001194 \text{ m}^3/\text{sec}$
 $B_0=0.60 \text{ m}, L=0.60 \text{ m}, L/B_0=1.00$
 $D=0.06 \text{ m}$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{下}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-------|
| 0.0074 | 0.0160 | 0.0117 | 0 | 0 | 0.195 | 0.355 | 完 全 |
| 0.0100 | 0.0183 | 0.0142 | 0.0106 | 0.746 | 0.237 | 0.266 | も ぐ り |
| 0.0123 | 0.0192 | 0.0158 | 0.0120 | 0.759 | 0.263 | 0.226 | 〃 |

$\theta=180^{\circ}, n=0$ (直線)
 $Q=2.901 \text{ l/sec}=0.002901 \text{ m}^3/\text{sec}$
 $B_0=0.60 \text{ m}, L=0.60 \text{ m}, L/B_0=1.00$
 $D=0.06 \text{ m}$

$$Q=CB_0\sqrt{2g}h_1^{3/2}$$

| $h_{\perp}(\text{m})$ | $h_{\text{下}}(\text{m})$ | $h_1(\text{m})$ | $h_2(\text{m})$ | h_2/h_1 | h_1/D | C | 備考 |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|-------|-------|
| 0.0143 | 0.0233 | 0.0188 | 0 | 0 | 0.313 | 0.424 | 完 全 |
| 0.0194 | 0.0283 | 0.0239 | 0.0137 | 0.573 | 0.398 | 0.296 | 不完全 |
| 0.0209 | 0.0290 | 0.0249 | 0.0162 | 0.651 | 0.415 | 0.278 | も ぐ り |

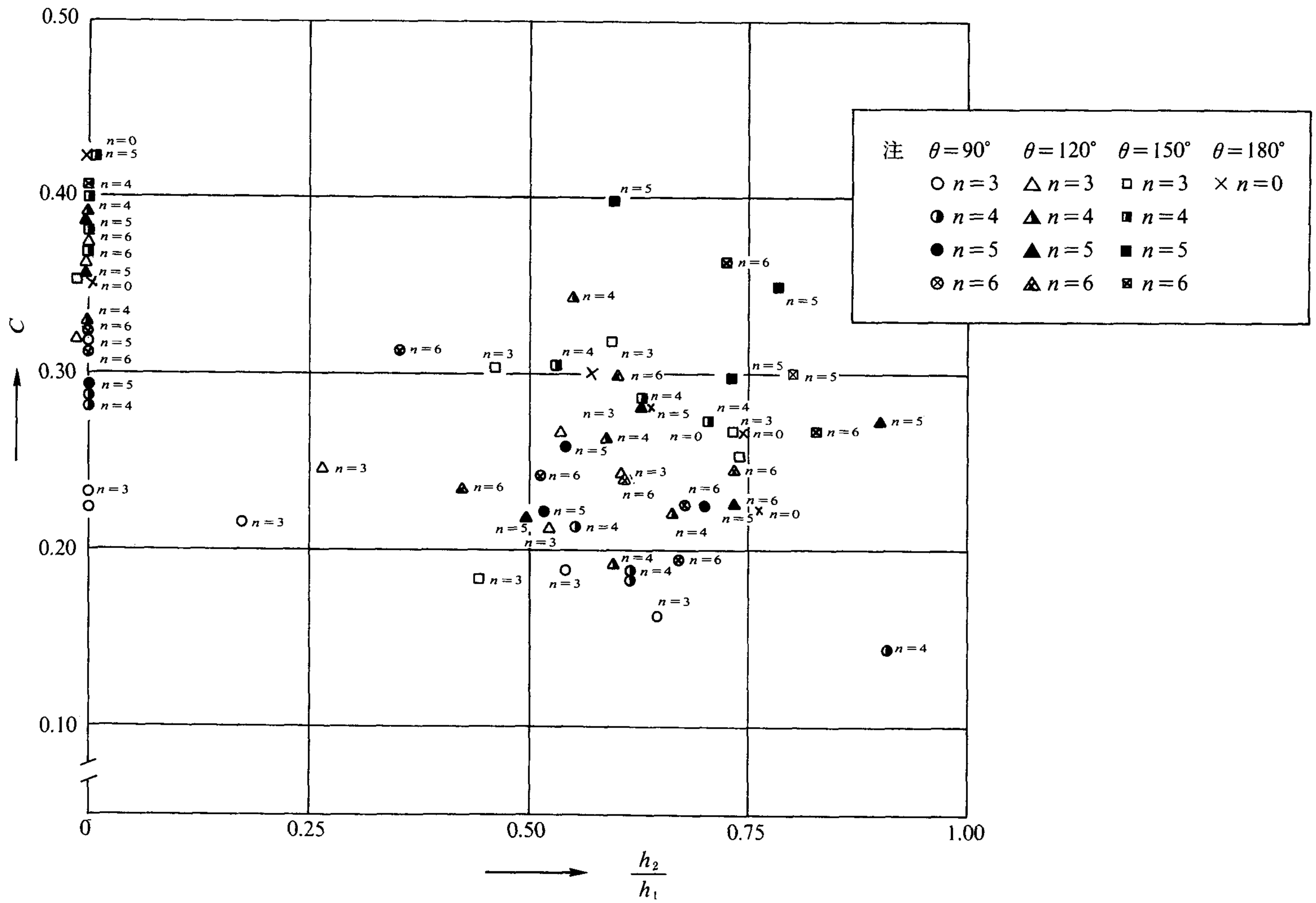


図3.10 $C \sim h_2/h_1$ 関係図 (横越流堰)

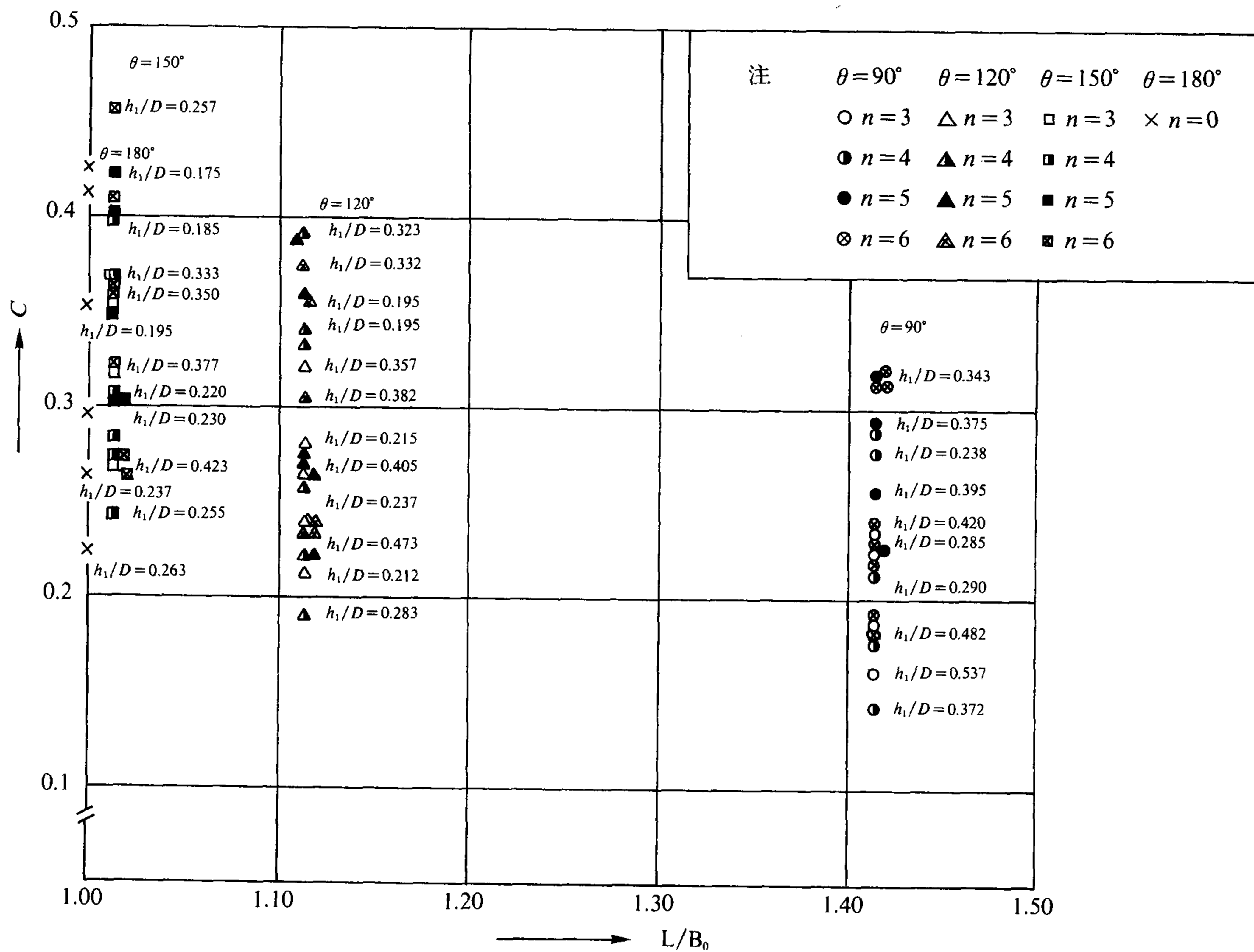


図3.11 $C \sim L/B_0$ の関係図 (横越流堰)

4. 結 論

本実験結果より見れば、当初、主流方向堰、横越流堰共に堰長 L を長くすれば、越流の流量係数 C の値が大きくなると考えて実験をした。主流方向堰については図2.3に示すように凡そ直線関係で C の値は増加するが、横越流堰の場合は L/B_0 が大きくなれば C は減少する傾向が見られた。これは L/B_0 が大きくなると θ は小さくなり、長さ L の増加以上に抵抗が影響してくると思われる。

主流方向堰、横越流堰の上流水深 h_1 、下流水深 h_2 の比 h_2/h_1 と C との関係では、図2.4、図3.10よりわかるように、主流方向堰では本間仁⁷⁾の広幅堰の流量係数の完全越流、不完全越流もぐり越流の場合とほぼ同様な結果が得られたが、特殊横越流堰の場合は図3.10に示すように良い結果は得られなかった。しかし、主流方向堰、横越流堰共に完全越流の C の値は不完全越流、もぐり越流の場合より大きな値がえられた。

さらに実験によれば、主流方向堰の C の値は横越流堰の場合より大きく、 $C=0.55\sim 0.73$ (完全越流の場合)であり、特殊横越流堰では $C=0.22\sim 0.42$ (完全越流の場合)である。主流方向堰において堰長を増加させるために種々の形状を考えたが、流量係数 C を一番大きくする形状として No. 5 が最も良い結果が得られた。しかしながら、流れは堰の越流に際して、エネルギー最小を

取ることより流向は堰の向きに対して直角に曲げられ、堰の越流後、流れが集中したり、不都合な方向に曲がるため、水路床の洗掘、水路の破壊を招く場合があるので、注意する必要がある。終りに、今まで実験や取りまとめに当られた学生諸氏に厚く謝意を表する。

(原稿受付 平成3年10月30日)

参 考 文 献

- 1) Hay, N. and Taylor, G.: Performance and Design of Labyrinth Weirs, Proc. ASCE, Nov. 1970, p. 2337~2357
- 2) Darvas, A.: Discussion of Performance and Design of Labyrinth Weirs, Proc. ASCE, Aug. 1971, p. 1246~1251
- 3) Magalhães, A. P. and Lovema, M.: Hydraulic Design of Labyrinth Weirs, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. No. 736, 1989, p. 1~10.
- 4) 中川博次, 中川 修: 横越流ぜきの越流特性について, 京大防災研究年報, 第11号 B, 昭43. 3, p. 249~265
- 5) Frazer, W.: The Behavior of side weirs in Prismatic Rectangular Channels, Proc. ICE, Vol. 66, Feb. 1957, p. 55~62
- 6) 浦 勝, 長沢史郎: 長堰長越流堰の流量について, 土木学会第39回年次学術講演会講演集, 昭59. 10, p. 637~638
- 7) 本間 仁: 低溢流堰の流量係数 1, 2, 土木学会誌, 26巻, 6号, 9号, 1940