

水理学的知見に基づく自由落下型落水形態の表情予測とデザイン方法論 An Estimation of the Texture of Free Falling Water Based on Hydraulic Theories and its Application to a Water Design Method

星野 裕司* 篠原 修**

by Yuji HOSHINO, Osamu SHINOHARA

1. 背景と目的

堰や落差工等の河川横断構造物では、水の流れが落水となって現れ、その表情は常に河川景観の重要な魅力の一つとなっている。しかし、利水、治水の要請から設置されている河川構造物の設計においては、残念ながらその落水表情の魅力が考慮されていることは稀である。一方落水表情が主題の一つとなる人工の滝においても、そのデザインは専らデザイナーの経験に基づき、客観的な水理学的考察はなされていない。

ともするとデザインとは、デザイナーの主観的な意図や恣意によると考えられているが、水の流れのように自然と強く関わり、自然の表情がその魅力となる構造物においては、自然の合理性に基づくデザイン方法論が存在するはずである。

筆者らは既報の論文¹⁾において越流型を対象として落水表情を論じた。その成果を踏まえて本研究では、自由落下型の落水形態を呈する構造物を対象とする。本論の目的は、まず現実中存在する堰、落差工及び人工の滝等を対象として落水表情を分類し、次に既存の水理学経験式等を適用することでその規定要因を考察し、それに基づいて構造物の設計時に落水表情の予測、制御が容易に可能となる表情予測手法を中心とするデザイン方法論を提示することである。

以上のように本研究は、既存の水理学上の成果に依存し、その限界を超えるものではなく、また水理学上の新たな知見を得ようとしたものでもない。本論の意義は景観的視点から落水現象を全体的に把握

キーワード：景観、空間設計、河川構造物

* 学生員 東京大学大学院工学系研究科土木工学専攻

** 正会員 工博 東京大学教授 工学部土木工学科

(〒113東京都文京区本郷7-3-1、TEL 03-3812-2111、

FAX 03-3818-5692)

し、そのメカニズムを簡便なモデルを用いて記述することで、理論を現実の設計において適用できるものとしてまとめ直すことにあると考えている。

2. 落水表情の分類

(1) 落水表情の分類

落水表情において、最も重要な役割を演じるものは空気混入度、水の白み方である。つまり、その水脈の乱れ方が落水表情に強く影響すると考えられる。

本論では自由落下型の落水表情を、落水発生部（落水過程Ⅰ）、落水部（落水過程Ⅱ）、着水部（落水過程Ⅲ）の3つの過程に分類した。視覚的な表情と水理学的な意味の2つの視点から表情分類をそれぞれの過程に対して行うと図1のようになる。実際の表情には

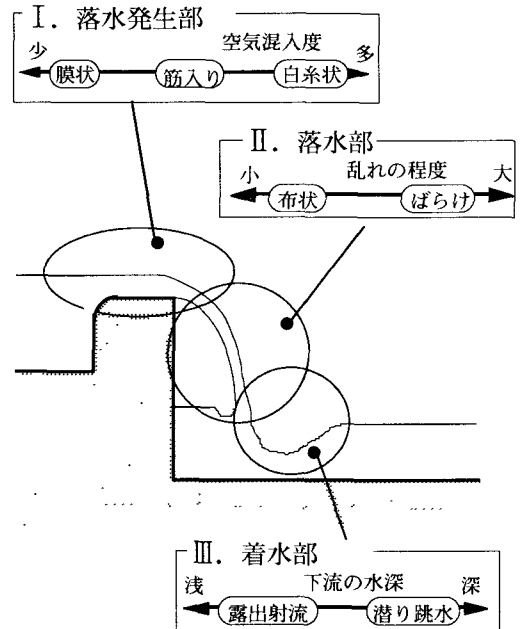


図1 表情分類図

光の当たり具合の影響も大きいですが、本論では水理学的に考察できるものだけに限っている。

(2) 表情の定義

(a) 落水発生部（落水過程Ⅰ）

自由落下型落水は通常の開水路流れとは異なって、水脈の表側と裏側に2面の自由表面を持ち、それぞれの自由表面は異なった流況を示す場合がある。そのため本論では落水発生部の表情を以下の3つに分類し、定義した。

- ・膜状（写真1）：水脈の表面、裏面共に滑らかであり、空気混入は起こらず透明な膜として落ちている状態。
- ・筋入り（写真2）：水脈の裏面は乱れて空気混入が起こっているが、表面は滑らかなままの状態。この表情は他の2つに比べて幅が広く、裏面に入る白みには線状のものからより白みの大きい泡状のものまでと多様である。
- ・白糸状（写真3）：水脈の表面、裏面共に乱れていて、空気混入が大きくなり水脈全体が白んで白糸状に落ちている状態。

(b) 落水部（落水過程Ⅱ）

ここでは落水脈の安定、不安定によって、その表情を以下の2つに分類、定義した。

- ・不安定（ばらけ）（写真1、写真3）：落水中に水脈が不安定になり、途中からばらばらっと水粒が全方向的にばらけて落ちている状態。
- ・安定（布状）（写真2）：上記のようなばらけが発生せず、そのまま1枚の布のように落ちている状態。

(c) 着水部（落水過程Ⅲ）

ここでは着水後の跳水の形によって、以下の2つに定義した。

- ・露出射流（写真2、写真3）：着水時に跳ね上がるように泡が出ている状態。
- ・潜り跳水（写真1）：水脈が下流の水面に潜ったようにごぼごぼと泡が出ている状態。

ここに分類した表情は、それぞれの過程において独立である（例えば、過程Ⅰの3つの表情は過程Ⅱにおいてそれぞれ、ばらけか布状どちらにも移ることが出来る）。つまり自由落下型の落水は全体として、3つの過程それぞれに分類した表情の組み合わせ、計12種類の表情に分かれる。

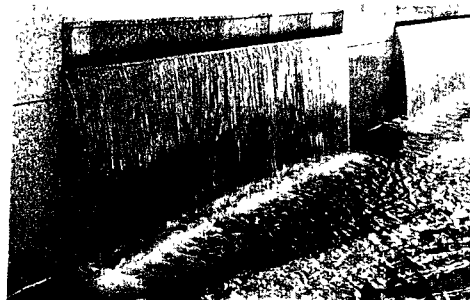


写真1 膜状-ばらけ-潜り跳水



写真2 筋入り-布状-露出射流

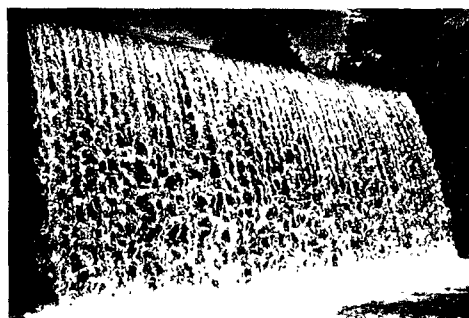
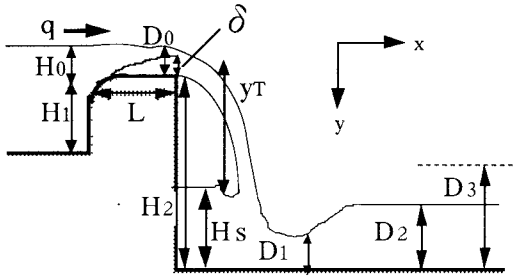


写真3 白糸状-ばらけ-露出射流

3. 水理学的考察と表情予測モデル

(1) 規定要因の整理

前章で分類した表情を規定する水理学的要因を整理すると図2のようになる。ここで、1次要因とは本論で考察する要因であり、落水形態や表情の基本を与えるものである。また2次要因は現実の表情に対して影響が大きいと考えられるが、既存の水理学上の知見では考察が困難かつ複雑であり、本論の性格上今回は考慮していない。それらに対する考察は、今後の課題である。



落水過程	1 次要因	2 次要因
I	天端長さ L 限界水深 D ₀ 境界層厚さ δ	天端の粗度 落ち口の形状 上流条件 (流速、河床) 水脈裏側の気圧 風
II	落差高さ H ₂ 落下高さ y _T 着水上流水深 H _s	単位幅流量 q 堰上げ高さ H ₁ 越流水深 H ₀
III	下流設定水深 D ₃ 水路床での射流水深 D ₁ D ₁ に対する共役水深 D ₂	下流側の河床条件

図2 規定要因

(2) 落水過程 I (落水発生部) について

ここで考察したいのは水脈の乱流状態である。落水発生部の表情において重要な要因となるのは空気混入の程度である。一般に水脈への空気混入に対する条件として、乱流境界層が自由表面に達した点から空気混入が開始されると言う必要条件しか設定されておらず、必要十分条件ではないが、本論はこの知見に従うものである。よってこの過程の水理学的考察では、その境界層問題を解くことにより水脈の乱流状態を把握し、境界層の厚さを導き出したい。操作可能なデザインパラメーターは、流水に関して単位幅流量 (q)、構造物に関して堰上げ高さ (H₁) と天端の長さ (L) である。

i) 標準越流頂における越流水頭 (H) は、岩崎公式²⁾によると次のように求まる。

$$q = CH^{\frac{3}{2}} \dots \textcircled{1}$$

$$C = 2.200 - 0.0416 \left(\frac{H}{H_1} \right)^{0.99} \dots \textcircled{2}$$

C: 流量係数、H: 越流水頭 (m)

この時、接近流速を 0 と仮定すると H=H₀ となる。

また、広頂堰において天端上流端が角張っているときはそこで剥離が起これるその最高位置で支配断面となるが、Ippen³⁾ は、天端上流端に丸みがついて

いる場合天端下流端が支配断面となり、その断面について限界水深となると仮定している。よってその時の水深 (D₀) は、

$$D_0 = \frac{2}{3} H \dots \textcircled{3}$$

となる。

ii) 物体表面上に発達する境界層の Reynolds 数は以下によって求まる。

$$R_x = \frac{v_x x}{\nu} \dots \textcircled{4}$$

ν: 動粘性係数 (1.0 × 10⁻⁶ m²/s)

この時、

$$x = L \dots \textcircled{5}$$

$$v = \sqrt{\frac{2gH_0}{3}} \dots \textcircled{6}$$

⑤、⑥を④式に代入すると、天端下流端の Reynolds 数が求まる。乱流と層流に分ける遷移 Reynolds 数は、

$$\text{遷移 Reynolds 数} = 3 \times 10^5 \dots \textcircled{7}$$

で与えられ、境界層が乱流となるとき、水脈の裏面から空気混入が生じると考えられる。これによって、膜状と筋入りの境界が与えられる。

iii) Ippen によると、乱流境界層の発達には以下によって与えられる。

$$\frac{\delta_*}{x} = 0.63 C_f \dots \textcircled{8}$$

$$\frac{1}{\sqrt{C_f}} = 1.70 + 4.15 \log_{10}(R_x C_f) \dots \textcircled{9}$$

δ_{*}: 排除厚さ (これは⑩式によって定義され、外流の流線を壁から δ_{*} だけ押し上げると同じ効果がある。)

$$v \delta_* = \int_0^{\delta} (v - u) dy \dots \textcircled{10}$$

また、乱流境界層内の速度分布は次によって与えられる⁴⁾。

$$u = v \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{1}{7}} \dots \textcircled{11}$$

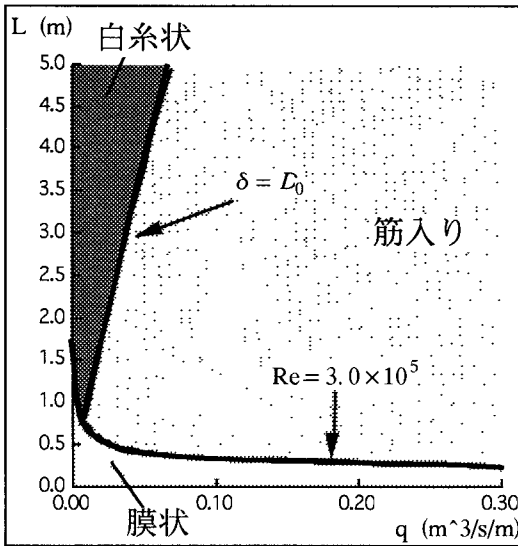


図3 表情予測図 (I)

⑪、⑩より

$$\delta = 8\delta_s \dots \textcircled{12}$$

⑧、⑨、⑫式を解くことで乱流境界層厚さ (δ) が求まる。この δ が水脈表面まで達すると表面、裏面共に乱れるため白糸状になる必要条件を満たし、達していなければ筋入りとなる。

以上によって得られた諸条件を落水表情予測図として図3に示す。

(3) 落水過程Ⅱ (落水部) について

ここでは、落水脈がばらける不安定条件を求めたい。この現象に対して、既存の適切な公式が見あたらないため、今回は落下する水束の不安定条件を採用した。この不安定条件は水と空気の界面での表面張力と流速の関係で決定される。但しこのモデルでは、等速落下及び非粘性ポテンシャル流という仮定がなされており、本論で扱う落水とは条件が異なるが、この問題については検証で取り上げ論ずる。デザインパラメーターは、流水に関しては過程Ⅰと同様に単位幅流量 (q)、構造物に関しては落差高さ (H_2) である。

1) 落下水脈の中心線の軌跡曲線は次によって与えられる⁵⁾。

$$\frac{x}{H} = 1.477 \left(\frac{y}{H} + 0.242 \right)^{0.567} \dots \textcircled{1}$$

水脈の水面への突入角度を θ とすると、①式から

$$\tan(90^\circ - \theta) = 1.477 \times 0.567 \times \left(\frac{y}{H} + 0.242 \right)^{-0.433}$$

$\dots \textcircled{2}$

となる。水脈の着水点より上流に形成される水深 (H_s) は以下によって求まる。WHITE式⁶⁾より、

$$v_T = \sqrt{2g \left(H + y_T - \frac{D_0}{2} \right)} \dots \textcircled{3}$$

v_T : 落下水脈の水面への突入流速 (m/s)

$$y_T = H_2 + \frac{D_0}{2} - H_s \dots \textcircled{4}$$

$$H_s = \sqrt{\frac{2V_T q (1 - \cos\theta)}{g} + \frac{4q^2}{V_T^2 (1 + \cos\theta)^2}} \dots \textcircled{5}$$

②、③、④、⑤式によって、 θ 、 v_T 、 y_T 、 H_s が求まる。

ii) 落水水束の不安定条件は、Chen、Davis⁷⁾によって以下によって与えられる。

$$\frac{h}{a'} = 1.15 We + 30 \dots \textcircled{6}$$

$$We = \sqrt{\frac{\rho_a v^2 a'}{T}} \dots \textcircled{7}$$

h : ばらけまでの距離 (m)、 a' : 内径 (m)、

ρ_a : 空気の密度 (1.2 kg/m^3)、 v : 流速 (m/s)、 T : 表面張力 (0.74 kg/cm)

$$\text{ここで } a' = D_0 \dots \textcircled{8}$$

$$v = \sqrt{2g \left(H + y - \frac{D_0}{2} \right)} \dots \textcircled{9}$$

とすると、 h がもとまる。

iii) 上記のように求まった落下距離 (y_T) とばらけまでの距離 (h) の比較によって布状かばらけかの評価を行う。つまり、 $y_T < h$ ならば落水中にばらけは生じず布状である。逆に $y_T > h$ ならばばらけとなる。この落水表情予測図を図4に示す。

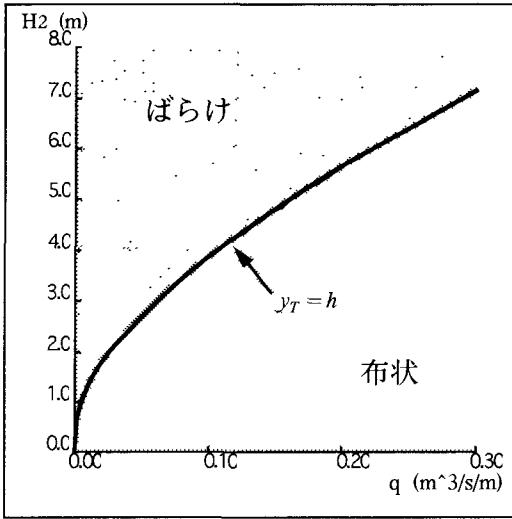


図4 表情予測図(Ⅱ)

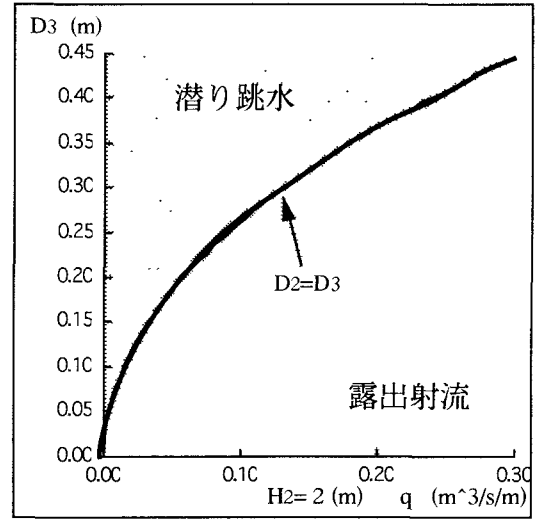


図5 表情予測図(Ⅲ)

(4) 落水過程Ⅲ(着水部)について

デザインパラメーターは、流水に関しては単位幅流量(q)と下流設定水深(D_3)であり、構造物に関しては落差高さ(H_2)である。ここでは、跳水の形について水理学的考察を行うが、それは着水時の水路床での射流水深(D_1)とその共役水深(D_2)、下流設定水深(D_3)の関係によって決定される。

1) (3)のi)で求められた突入角度(θ)、突入流速(V_T)と流量一定の法則より

$$D_T = \frac{q}{V_T} \dots \textcircled{1}$$

D_T : 落水水脈の突入水深 (m)

$$\text{WHITE式より } V_1 = \frac{V_T(1 + \cos\theta)}{2} \dots \textcircled{2}$$

V_1 : 水路床での射流流速 (m/s)

$$D_1 = \frac{q}{V_1} \dots \textcircled{3}$$

水脈のFruode数は

$$Fr = \frac{V_1}{\sqrt{gD_1}} \dots \textcircled{4}$$

よって D_1 に対する共役水深(D_2)は、

$$D_2 = \frac{1}{2} D_1 \left(\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1 \right) \dots \textcircled{5} \quad \text{となる。}$$

ii) 安芸⁸⁾によると下流設定水深(D_3)と D_2 の比

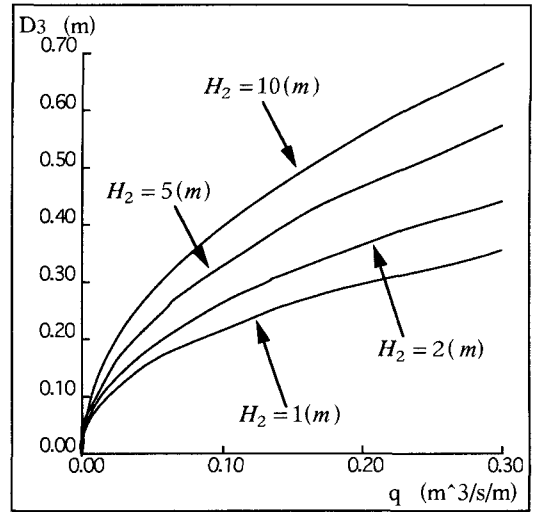


図6 落差高さによる境界変化

較によって跳水の形態は決定される。つまり $D_2 \geq D_3$ ならば露出射流、 $D_2 < D_3$ ならば潜り跳水となる。落水表情予測図を図5、6に示す。

3. 予測モデルの検証

(1) 検証の目的と方法

前章において、落水表情の予測モデルを提示し、予測図を作成したが、様々な水理学経験式の複合体であるそれらがそのまま現実の表情に対応できるとは考えにくい。また本論は、現実のデザインへの応用を目的としている以上、モデルと現実の表情との

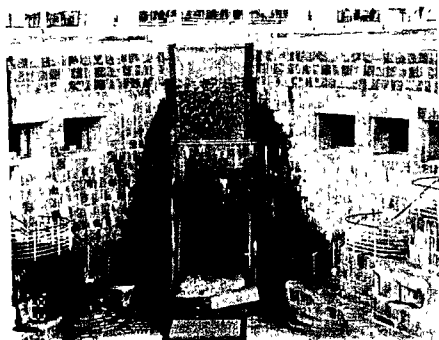


写真4 横浜ドッグヤード（大滝）

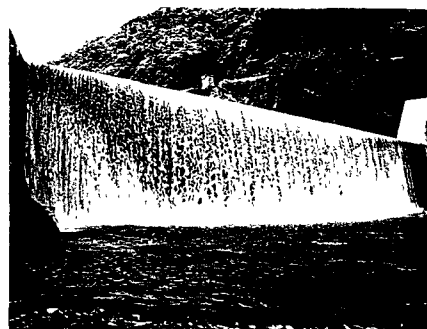


写真5 大河内砂防ダム

表1 人工の滝

人工の滝所在地	単位幅流量 q ($m^3/3s/m$)	天端長さ L (m)	落下距離 h (m)	現実表情	予測表情
a1 江戸川平成遊園（橋入りの滝）	0.004	0.50	0.50	I 膜状	膜状
				II 布状	ばらけ
a2 京王プラザホテル（南側入口）	0.006	0.07	0.30	I 膜状	膜状
				II 布状	布状
a3 ンエクトン トウキョウハイ （ロビーのカスケード）	0.004 0.004	0.30 0.30	0.30 0.35	I 膜状	膜状
				II 布状	布状 ばらけ
a4 東京都政庁舎西元	0.004	0.09	1.20	I 膜状	膜状
				II ばらけ	ばらけ
a5 夏戸トーム	0.008	0.80	0.20	I 膜状	膜状
				II 布状	布状
a6 横浜ドッグヤード（大滝）	0.010	1.17	10.00	I 膜状	白糸状
				II ばらけ	ばらけ
a7 横浜ランドマークタワー （室内カスケード）	0.004	0.30	0.45	I 膜状	膜状
				II 布状	ばらけ

表2 砂防工

砂防ダム所在地	単位幅流量 q ($m^3/3s/m$)	天端長さ L (m)	落下距離 h (m)	現実表情	予測表情
b1 大河内砂防ダム主ダム	0.069	3.0	11.5	I 白糸状	筋入り
				II ばらけ	ばらけ
b2 # 第1副ダム	0.063	2.0	7.3	I 白糸状	筋入り
				II ばらけ	ばらけ
b3 # 第2副ダム	0.058	2.0	3.3	I 白糸状	筋入り
				II ばらけ	ばらけ
b4 金山砂防ダム 主ダム	0.199	3.0	12.5	I 白糸状	筋入り
				II ばらけ	ばらけ
b5 # 第1副ダム	0.152	2.3	4.9	I 白糸状	筋入り
				II ばらけ	ばらけ
b6 # 第2副ダム	0.122	2.0	3.8	I 白糸状	筋入り
				II ばらけ	ばらけ
b7 孫佐島砂防ダム主ダム	0.080	7.8	8.0	I 白糸状	筋入り
				II ばらけ	ばらけ
b8 # 第1副ダム	0.082	2.0	8.6	I 白糸状	筋入り
				II ばらけ	ばらけ
b9 # 第2副ダム	0.083	2.0	4.9	I 白糸状	筋入り
				II ばらけ	ばらけ
b10 # 第3副ダム	0.088	2.0	5.6	I 白糸状	筋入り
				II ばらけ	ばらけ

ズレの比較は是非とも欲しいデータである。そこで現実の表情との検証を行った。その目的は以下の2点である。

- 1) 予測図の現実の表情への適用性の検証
- 11) 経験式の採用における仮定の不備や二次的な要因を無視していることによるモデルと現実の差の検証

落水過程Ⅲに関しては、前述の筆者らの論文やその他の既存研究が多くあるので、今回は落水過程Ⅰ、Ⅱを対象とした。

検証対象は、横浜ドッグヤード（大滝）（写真4）他、首都圏の人工の滝7ヶ所と大河内砂防堰堤（写真5）他、安倍川砂防堰堤10ヶ所である。人工の滝は、河川横断構造物に比べて構造物のスケールや流量が絶対的に小さいが、モデルに近い理想的な状況が設定されている。また砂防工においては構造物の粗度や接近流速などの問題があるが、スケールや流量は充分なものを持っている。

これらのデータを落水表情予測図にプロットし、予測上の表情と現実の表情の比較を行った。

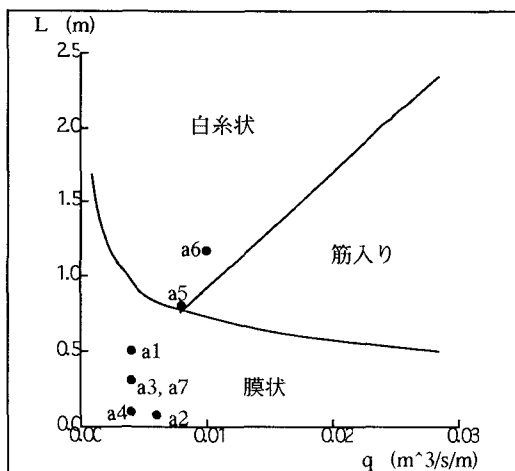


図7 人工の滝検証結果（落水過程Ⅰ）

(2) 検証結果とその考察

データ（流量、天端長さ、落下距離）と観察された表情及び予測された表情をそれぞれ表にまとめたものが表1、表2である。

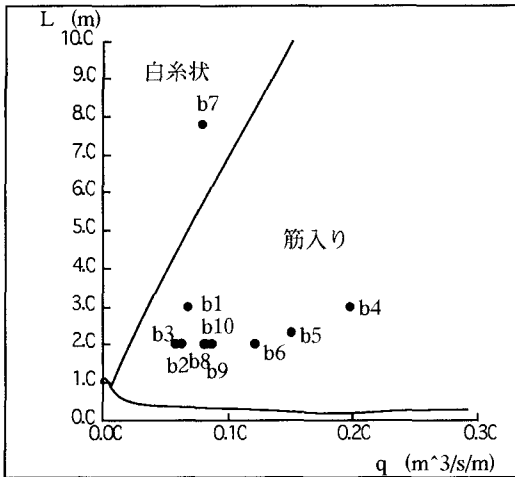


図8 砂防工検証結果 (落水過程 I)

i) 落水過程 I

人工の滝 (図7参照) においては、横浜ドッグヤード (a6) 以外、全て予測と現実が一致していた。しかし横浜ドッグヤードでは、水理学上は乱流境界層が発達し、白糸状の必要条件を満たしているにも拘わらず十分な空気混入が起こっていない。これは、白糸状の水理学的条件 (乱流境界層が水脈表側の自由表面に達する) が必要条件でしか無く、空気混入が生じる十分条件ではないことが現実の表情の中に現れたものと見ることができる。この問題に関しては、今後より詳細な研究が必要であろう。しかし a6 の相違は残るものの 7 例全体として図7を見ると、本論で示した膜状の領域はその十分条件として活用できると考える。

一方、砂防工 (図8参照) においては、孫佐島主ダム (b6) 以外、すべて現実と予測は異なっていた。今回のモデルでは、落ち口の形状や構造物表面の粗度を考慮せず、十分な堰上げによって接近流速を 0 と仮定している。それらの影響が出ていると考えられるが、落ち口に凹凸が激しくついているとそこで剥離が起こり空気混入が生じる、同様に構造物表面の粗度が高いと水脈の乱れが増加し、また十分な堰上げがないと堰上流側の乱れがそのまま落水に伝わってしまう。つまりこれらは全て現実の表情を予測表情より白糸状の方向に移行させている。これらの影響に関しては、検証においてそれらのパラメーターを詳しく計測し、既存の水理学の知見と合わせて考察することで、予測図の修正を行うことが可能であると思われる。

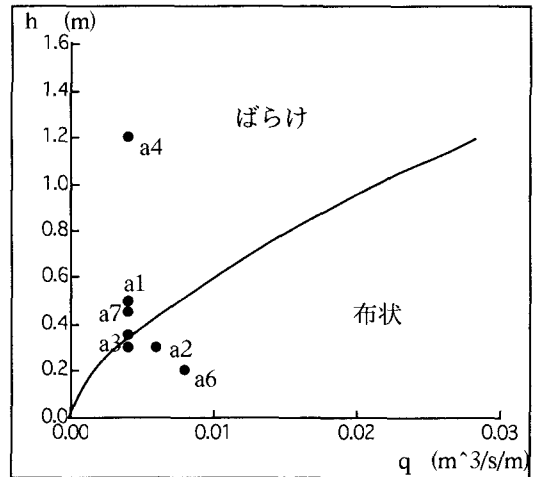


図9 人工の滝検証結果 (落水過程 II)

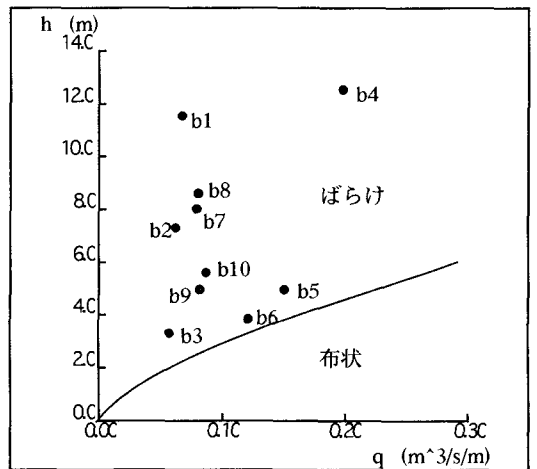


図10 砂防工検証結果 (落水過程 II)

ii) 落水過程 II

人工の滝 (図9参照) では、8 例中 5 例が現実と予測が一致し、それ以外は異なっていた。しかし、ぼらけが生じてもすぐ着水してしまえば、ぼらけが現実には観察されないことを考慮すると大きく異なっているのは 2 例 (a1, a7) となる。今回ぼらけの現象に対して採用した水理モデルは、水束の不安定条件であり、非粘性という仮定がなされていた。人工の滝では、過程 I での乱れが非常に小さいため、粘性が強く、水膜としての特性も強く保持している。この 2 例は、それらの仮定の不備が出たものであると考えられる。

一方砂防工 (図10参照) においてはぼらけのデータしか採集できなかったが、採集したデータ内ではすべて予測と現実が一致していた。今後、布状

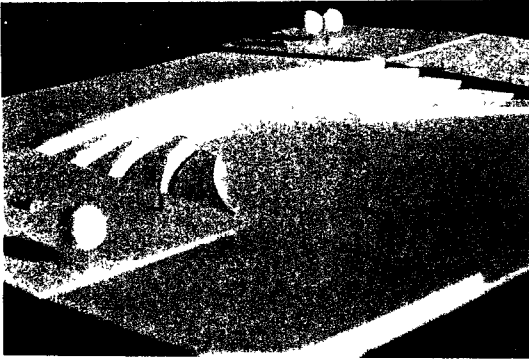


写真6 スタディー案模型写真

のデータも採集し、より正確な検証が必要であろう。しかし、今回の検証内では以下のことが考えられる。砂防工の過程Ⅰの表情は白糸状であり、乱れが大きい。つまり人工の滝とは逆に既に落水過程Ⅱにおいては粘性が少なく、水膜としての特性も希薄である。そのため砂防工では予測の妥当性が高かったと考えられる。しかし、モデルに適合するような状況が設定できれば、過程Ⅰにおいて乱れが少なくなるはずである。その場合はこの過程の表情が布状になり、予測と異なるものが出てくる可能性がある。今後過程Ⅰの乱れとの相関について、実験等で検証しなければならない。

4. ケーススタディー

—予測手法のデザインでの用い方

本論で示したデザイン方法論の現実への展開の可能性を示すため、表情予測図を用いて落水表情演出を主目的とした河川横断構造物の試設計をケーススタディーとして行った。

基礎データとして、長野県太田切川の河川条件を用いた。諸元は以下の通りである。

・平均川幅 100m

平常時平均流量 約4～18m³/m/s

デザインコンセプトは、落水表情の多様性、流量変化による表情の演出である。また、レクリエーションにも利用できることも考慮した。

それらを考慮して試設計した構造物は写真6の通りである。これは、落差1mの5段の多段式で、中央部のみ1段5mで落としている。また天端長さは、湾曲型に変化させ、岸に近づくほど、下段に行

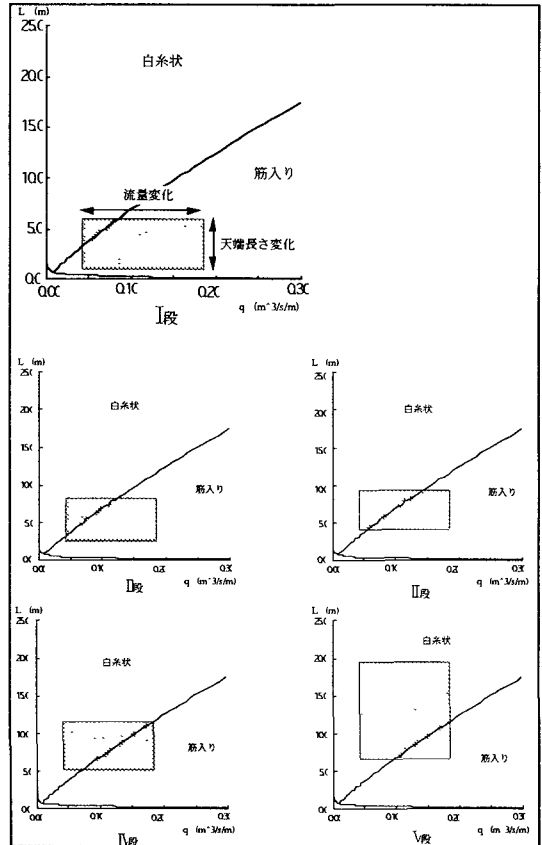


図1 1 スタディー案表情予測図

くほど長くなっている。

この構造物の落水過程Ⅰに関する落水表情予測を図1 1に示す。それぞれの表情予測図内の四角の領域は、縦辺が各段における水平方向の天端長さ変化を、横辺が流量変化を示している。それぞれの段毎に、その領域内で表情が変化し、また下段に行くに従って白糸状の領域が増え、水の白みが増していることが分かる。イメージスケッチを図1 2に示す。このように本論で示した表情予測図を用いることで、恣意性を離れた水理学的な根拠に基づくデザインが可能であることを示した。

5. 結論

(1) 研究成果

- 1) 本論は、自由落下型の落水に対して、水理学的知見に裏付けられた予測を中心とするデザイン方法論を提示した。河川構造物のデザインに対



図1.2 イメージスケッチ

してこのようなアプローチで研究が行われたことはない。本論の最も重要な意義はこの点にあると考える。

次に研究成果を個別に述べる。

- ii) 水脈の表面と裏面の相関、水の白み具合、落水の安定度、跳水の形態に着目して、自由落下型の落水表情を落水発生部で3種類、落水部で2種類、跳水の形で2種類、その結合として計12種類に分類した。
- iii) 水理学経験式を適用することで、規定要因と落水表情との対応関係を明らかにし、操作可能な4つのデザインパラメーター（単位幅量、天端長さ、落差高さ、下流設定水深）を用いて、落水表情予測図を作成した。
- iv) 人工の滝と砂防工を対象として現実の落水表情によって、本論で提示した落水表情予測図を比較し、その精度及び問題点と今後の研究課題を明らかとした。
- v) 長野県太田切川流路工の諸元を基礎データとして利用し、落水表情予測図を用いたデザイン方法論の現実への展開の仕方を例示した。

(2) 今後の課題

- i) 水理学研究者との共同研究は重要である。それによって本研究では考慮できなかった2次要因（構造物表面の粗度、落ち口の形状、接近流速等）についても考察を行い予測の精度を高める必要がある。
- ii) 現地でのより詳細な観測、計測を行い、その検証を通して予測の精度を高める。
- iii) 本論で用いた予測モデルの仮定に合うような実物大の水理実験を行い、予測の精度を高める。
- iv) 光の当たり具合の影響や落水を見る視点場の位置、距離などを考慮した落水表情のより詳細な分類を行い、現実の河川景観設計への有効性を深める。

6. 謝辞

本論作成にあたっては、多くの人の助力を得た。東京大学河原能行助教授には、水理学経験式の適用に関して多くの相談に乗っていただいた。日建設計小野氏には人工の滝について、安倍川工事事務所の水谷氏には砂防工について、天竜川工事事務所の白江氏にはスタディー基礎データについて、それぞれのデータ収集に対して多くの協力を頂いた。また宇都宮で行われた土木計画学研究発表会では、宇都宮大須賀堯三教授にコメントしていただき、多くの有益な助言を得ることができた。最後ではあるが協力いただいた皆様に感謝の意を述べさせていただきたい。

参考文献

- 1) 一丸義和、篠原修：落水表情に着目した河川横断構造物のデザイン方法論—越流型固定堰の表情予測—、土木計画学研究・講演集No.16 (1)、1993
- 2) 土木学会編：水理公式集、pp.291、技報堂出版、1985
- 3) 土木学会編：水理公式集、pp.174、技報堂出版、1963
- 4) 本間仁、安芸皎一：物部水理学、pp.461、岩波書店、1962
- 5) 柴田道生：実用水工学とその計算例、pp.83-85、現代理工学出版、1973
- 6) 土木学会編：水理公式集、pp.317、技報堂出版、1985
- 7) 日本流体力学会編：流体力学ハンドブック、pp.725、丸善、1987
- 8) 一丸義和：河川横断構造物におけるデザイン方法論 東京大学卒業論文、1993

魅力ある落水表情は河川景観において重要な役割を担っている。しかし河川横断構造物では設計からそれが考慮されることは稀であり、人工の滝のデザインでも経験に基づくのみで水理学的な考察が欠如している。そこで本論は、自由落下型の落水を対象として、現実表情の観察による落水表情の分類、既存の水理学経験式等の適用による規定要因の考察、予測と現実表情との比較を通して、落水表情の予測、制御が可能となるデザイン方法論を提示した。以上のように本論は、水理学上の新たな知見を得るものではないが、落水現象を景観的視点から全体的に把握し、水理学上の理論をデザイン方法論へ統合したことに意義があると考えている。

An Estimation of the Texture of Free Falling Water Based on Hydraulic Theories and its Application to a Water Design Method

Yuji HOSHINO , Osamu SHINOHARA

The attractive texture of falling water adds a special feature to the riverscape. But it is seldom that the texture is considered in designing a river structure. Even an artificial waterfall is designed based on the experience of a designer without objective consideration. In this paper, focusing on free falling water, the authors tried to classify the texture by observing in the field, determine the primary factors of the texture by applying the hydraulic formulas, and compare the texture of the existing falling waters to the estimated ones. the authors proposed the method of estimation and design for falling water.