

## 水叩工の洗掘実態に見られる 2, 3 の問題

— 天竜川上流々域において —

九州大学農学部 綿 引 靖

### 1. はじめに

砂防ダム下流保護工の一種として、河床をコンクリートで厚く覆う水叩工がある。水叩工は、洪水時、石礫を伴う落下水流により洗掘されるため、これに対応した適切な施工が必要である。先頃、天竜川上流々域において、洗掘実態に関する現地調査を行い、いくつかの問題点を見出し、検討したので報告する。

### 2. 調査方法

調査は、1975年7月から10月にかけて、総計 116基のダムについて行った。水叩工の洗掘は、ダム下流に幅広く分布しており、この部分について、ダムに直角に縦断面の測定を行った。一般に、洗掘が、ダム本体より最も遠くまで及んだ断面と、最も深い断面が同一であり、このような縦断面について、20cm間隔の距離でレベル測量した。洗掘部縦断面の形状は、図-1に示すごとくである。図-1において、洗掘が微小であるP点までは、ダム下流ノリの勾配を緩にすることが可能であり、また、 $L_1$  および  $D$  は、それぞれ、水叩工の長さおよび厚さの決定に関与するものである。調査結果をもとに、この3点について、問題点を検討した。

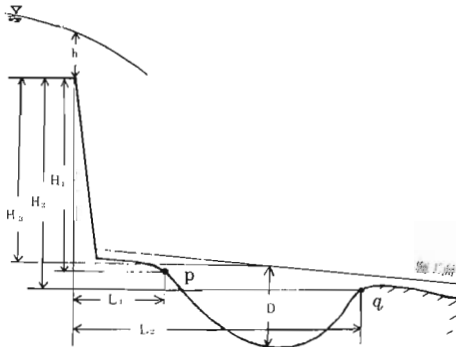


図-1 水叩工の洗掘部縦断面

### 3. 結果および考察

#### A. ダム下流ノリについて

図-1の  $H_1$  に対する  $L_1$  の比は、下流ノリを緩勾配とすることが可能な限度を示すものと考え、測定結

果の  $H_1$  および  $L_1$  をグラフに描けば、図-2のようになる。

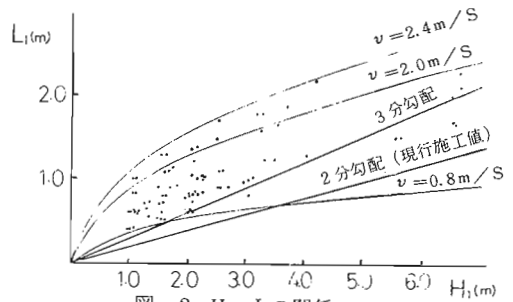


図-2  $H_1$ - $L_1$  の関係

図-2に示されるように、6~7mまでの堤高なら、2分勾配以下の必要性を生じない。床固工ならば、最低3分が許容できる。下流ノリ勾配算定の理論式として

$$L_1 = v \sqrt{2 H_1 / g}$$

があるが、図上にプロットした点が、全体的には、放物線状に分布し、この式の傾向が正しいものであることが示される。この式では、 $v$  は、一様に  $2.0\text{m/S}$  と考えられているが、図に示されるように、ほぼ、 $0.8 \sim 2.4\text{m/S}$  の範囲に分布し、変動が認められるものである。図-2をもとに、本調査地域での下流ノリ勾配の許容値について整理すれば、表-1が得られ、従来のように、ノリ勾配を一定にすることは、考慮の余地がある。

表-1 下流ノリ勾配の許容値(天竜川上流々域)

堤高 (m)	ノリ勾配
1	0.4~ 1.0
2	0.3~ 0.7
3	0.3~ 0.6
4	0.3~ 0.5
6	0.25~ 0.4

表-1は、落下水および石礫による損傷に対しての許容値であり、堤体への経済的配慮から、特に低ダムにおいては、損傷とは違った観点で決定されることがある。

B. 水叩工の長さについて

水叩工の長さは、堤高および越流水深との関連で表示され、経験式として、次式がある。

$$L = \alpha (H + h) - nH$$

H：堤高，h：越流水深，n：下流ノリ勾配， $\alpha$ ：係数（低ダム 2.0，高ダム 1.5）この式では、越流水深および係数 $\alpha$ に、適正な値が求められる。実測した洗掘形状において、越流水深については、その推定に必要な、洪水流落下点の位置を正しく定めることが困難であり、係数 $\alpha$ のみについて検討した。 $\alpha$ は、図-1において、 $L_2 / (H_2 + h)$ によってあらわされる。便宜上、hを考慮せず、 $H_2$  および  $L_2$  の関係についてグラフを描くと、図-3 のようになる。

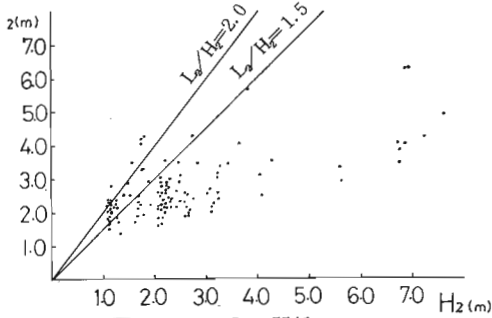


図-3  $H_2$ - $L_2$ の関係

参考のため、 $L_2 / H_2 = 2.0$ および  $1.5$ を示す線を図中に描いた。これによれば、2.0以上のものは、ごく僅かであり、越流水深を考慮すれば、さらに小さくなるものと考えられる。また、1.5以上のものも、高さ1~2mの場合に見られるが、3mを越えるものには、あらわれていない。このように、水叩工としての必要な長さが、かなり短いものであることが知られる。

図-3より、本調査地域における水叩工の所要長さとして、表-2のように整理される。

表-2 水叩工の所要長さ（天竜川上流々域）

堤高 (m)	水叩工の長さ (m)
1	1.0~ 2.5
2	1.5~ 4.5
3	2.0~ 5.0
4	2.5~ 5.5
6	3.0~ 6.0

表-2は、ダムから落下する流水・石礫による洗掘を水叩工内に止めるべき長さであるが、通常、水叩工

下流においても、洗掘が起るものであり、このため、下流部において、すみやかにエネルギーを減殺し、自然河床へ円滑に接続するよう、適当な対策が必要である。

C. 水叩工の厚さについて

水叩工は、洗掘に耐え得る厚さが必要であり、図-1におけるDは、最小限必要な厚さを示すものである。実測結果におけるDを  $H_3$  と関連させてプロットすれば、図-4 のようになる。

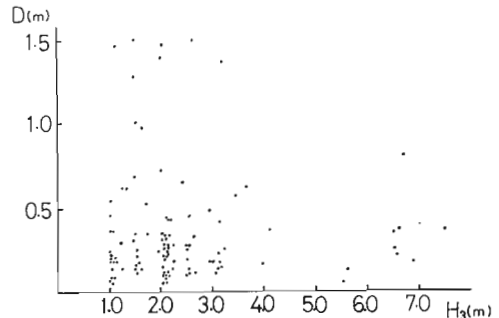


図-4  $H_3$ -Dの関係

従来、水叩コンクリートの洗掘に関する理論は、不明の点が多いが、経験的には、高さ5m以下のダムで0.7~1.0mの厚さが標準とされており、図-4においても、全体としては、1.0m以内のものが殆どである。しかし、深い洗掘例もあり、高さ3m以下で、1.0m以上のものが多くあらわれている。水叩工の深さ方向の洗掘は、長さ方向に比べ、しだいに累積されていくものと考えられ、今後 年月の経過により、さらに深くなる可能性がある、本調査対象としたダムの多くは、施工後、ほぼ十数年経過しているが、必ずしも限度に及んでいないとは限らない。洗掘部に十分な水褥ができあがれば、進行も緩和されるものと思われる。図-4によれば、荒廃地の河川では、床固工で少なくとも1.5m程度の施工厚が必要であり、高いダムでは、さらに厚くしなくてはならないものと考えられる。

4. おわりに

ダム下流部の洗掘は、堤体保全に係わる重要な問題で、これまで多数の研究がなされて来たが、水叩コンクリートそのものを対象としたものは極めて少ない。コンクリートも、自然の営力に屈して、洗掘・破壊等が行なわれるものであり、これに対処するよう、今後とも研究を進めてゆきたい。