

# 落下石礫による水叩の侵食についての実験的考察

九州大学農学部 綿 引 靖

## 1. はじめに

砂防ダム下流側につくられる水叩が侵食を受ける要因を、先に報告した落水水流における石礫の落ち方の実験<sup>1)</sup>と関連づけて、引き続き模型実験を行い考察した。

## 2. 実験方法

水路(落差部より上流側)の勾配と幅員、水量および石礫の分類については、それぞれ先の報告<sup>1)</sup>に示した通りである。本実験では、水路落下端から水叩面までの落差を1 mに設定した。落水水脈の形状を図-1に示す。この部分での石礫の落ち方については、先の報告<sup>1)</sup>で、落差90 cmの水叩面での石礫の落下位置(水平到達距離)の分布を示した。本実験の装置は、図-2に示す通りで、石礫は、ベルトコンベアによって循環する。本装置を循環する石礫の量は、特に水流の運搬能力を考察して定めたが、しかし落差部より落下した石礫は、その後水叩面や、下流のとい上に停止することがあるので、これらは適宜かき出して流下させた。一方、水叩の材料には、実際のコンクリートに代って、ソイルコンクリートを使用した。これに使用したセメントおよび骨材は、普通ポルトランドセメントおよび赤土である。この水叩の大きさは、縦、横、厚さがそれぞれ、50, 28.5, 5 (cm)であり、図-1に示すような位置に設置した。実験の諸元は、表-1に示すごとくで、

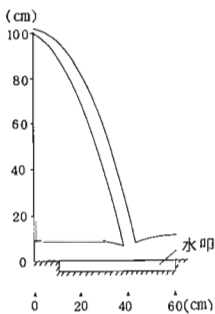


図-1 落水水脈の形状と水叩の配置

## 3. 結果と考察

表-1に示した実験を行い、得られた結果を示すと、表-3のようになる。なお、水叩材料の性質として、ここでは、圧縮強度(湿潤時)

を測定した。なお、侵食形状については、侵食部の多数の縦断面から、その平均形状を求めた例を図-3に示した。これらによって、以下の考察を行う。

(1)石礫の落下位置と水叩面の侵食形状との関係

図-3 a) ~ c)の侵食形状を、石礫の落下位置の分布<sup>1)</sup>と比較する。前者を5 cm間隔ごとの比率の分布

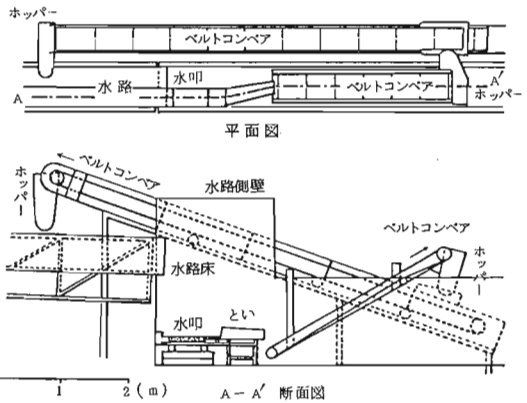


図-2 実験装置

表-1 実験の諸元

| 実験番号 | 石礫名 | セメント<br>-骨材比 | 水-セ<br>メント比 | 材齢(日) | 実験時間<br>(分) |
|------|-----|--------------|-------------|-------|-------------|
| 1    | A   | 0.3          | 1.5         | 7     | 22          |
| 2    | A   | 0.25         | 2.0         | 7     | 40          |
| 3    | C   | 0.25         | 2.0         | 7     | 60          |
| 4    | B   | 0.25         | 2.0         | 8     | 60          |
| 5    | A   | 0.2          | 2.14        | 7     | 40          |
| 6    | C   | 0.2          | 2.14        | 7     | 60          |
| 7    | A   | 0.2          | 2.41        | 7     | 30          |
| 8    | A   | 0.2          | 2.41        | 7     | 60          |

表-2 各実験に用いたソイルコンクリート骨材の累加粒度分布

| 粒徑(μ) | 1       | 2, 3, 4 | 5, 6    | 7, 8    |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| 0.074 | 475 (%) | 920 (%) | 660 (%) | 127 (%) |
| 0.105 | 11.7    | 129     | 97.0    | 16.3    |
| 0.25  | 34.4    | 29.1    | 25.5    | 33.1    |
| 0.42  | 55.2    | 44.1    | 40.8    | 47.0    |
| 0.84  | 84.8    | 72.7    | 69.8    | 73.0    |
| 1.68  | 100     | 100     | 100     | 100     |

表-3 実験結果

| 実験番号 | 水叩の圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 石礫の落下個数 (個) | 水叩の侵食量 (cm <sup>3</sup> ) |
|------|--------------------------------|-------------|---------------------------|
| 1    | 3.87                           | 1290        | 568                       |
| 2    | 1.18                           | 2435        | 304                       |
| 3    | 1.18                           | 7134        | 303                       |
| 4    | 1.26                           | 5139        | 316                       |
| 5    | 1.29                           | 2400        | 254                       |
| 6    | 1.29                           | 8003        | 287                       |
| 7    | 7.18                           | 1885        | 312                       |
| 8    | 7.18                           | 3464        | 724                       |

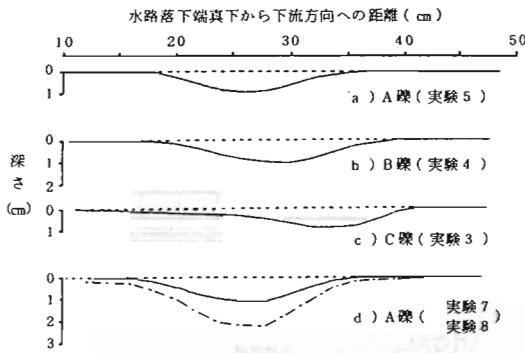


図-3 水叩面侵食部の平均縦断面形状

に変え、また、後者を、個別落下の分布の例について、それぞれ描いたものが、図-4である。ここでは、侵食形状の分布の方が、なだらかになる傾向を示しているが、最頻値の位置は、ほぼ一致し、また石礫の落下範囲外では、侵食は生じていない。この傾向は、他の落下位置の分布と比較しても同一である。したがって、水叩面に生ずる侵食は、石礫の衝突によって起こると考えられる。侵食形状の方が、なだらかな分布を示す理由として、深掘れの位置ほど、石礫が多くなり、落下石礫の水叩への衝突が阻害されることが考えられる。なお、水脈の落下点近傍およびこの下流で、侵食量は小さいことから、落下水の衝突および石礫の下流への移動に伴う侵食は、ほとんど生じないと考えられる。

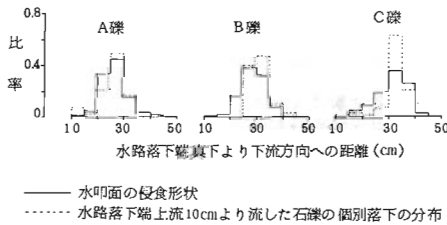


図-4 水叩面の侵食形状と石礫の落下位置の分布の比較

(2)水叩の侵食量と諸要因との関係

ここでは、諸要因のうち、①石礫の落下個数、②水叩の圧縮強度について考察する。まず、表-3より、A 礫(実験1, 2, 5, 7, 8)の場合について、侵食量と、落下個数ならびに圧縮強度それぞれとの偏相関係数を求め、表-4に示した。

表-4 水叩の侵食量と関連要因との偏相関係数(A 礫)

|             |       |
|-------------|-------|
| 侵食量と石礫の落下個数 | 0.88  |
| 侵食量と水叩の圧縮強度 | -0.93 |

①については、A 礫の場合によって考察する。同一配合で作製した同一材齢の2つの水叩に、異なる個数を落下させた場合、すなわち、実験7, 8を比較する。図-3 d)の侵食形状を見ると、8は7に比べ、一様な割合で、その深さが増加していることがわかる。一方、表-3の侵食量と落下個数との関係を描くと、図

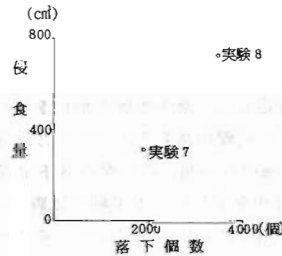


図-5 石礫の落下個数と水叩の侵食量との関係

5のようになり、両者の比例関係が認められ、また、表-4に示した偏相関係数を見ても、正の相関関係を示している。したがって、ここでは、侵食量は、落下個数に正比例すると見なすことができる。

②では、A, Cの各礫について、石礫の落下個数が同規模の場合、すなわち、A 礫については、実験2, 5, C 礫については、実験3, 6をそれぞれ比較する。表-3の侵食量と圧縮強度との関係を描くと

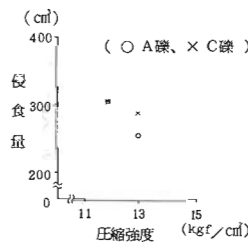


図-6 水叩の圧縮強度とその侵食量との関係

図-6のようになる。これらは、値の差が、それぞれ小さいが、負の相関関係を示していることがわかる。一方表-4に示した両者の偏相関係数を見ると、同様に負の相関関係にあることがわかる。したがって、ここでは、圧縮強度が小さいほど、侵食量は大きくなると判断できる。

引用文献

- (1) 綿引靖: 日林九支研論 35, 275~276, 1982