

高速流中において跳躍する砂礫の衝突圧力の計測

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○石田 卓也, 正会員 中西 哲, 正会員 石神 孝之

1. 目的

ダムの排砂バイパストンネルや護床工といった河川構造物では、洪水時に流水とともに高流速で砂礫が通過する。そのため、表面のコンクリートや鋼材が摩耗し施設に損傷を与えることが知られている¹⁾。

摩耗損傷に関する研究は古くから数多く行われているが²⁾、高速流中の砂礫が跳躍し、水路に衝突する際の圧力計測が行われた事例は見当たらない。そこで本研究では、高速流中に礫を投入し、水路へ作用する圧力や、その作用面積について圧力シートを用いて計測を行った。

2. 実験概要

実験水路の概要を図-1 に示す。水路は開水路であり、水路下流端においても射流状態で流れるように水路勾配および幅(50cm)を設定した。水路の材質は、側壁が厚さ6mmの鋼板であり、底面は厚さ6mmステンレス板とした。なお、水路下流の一部区間においては、礫が圧力シートへ衝突する状況を確認するためにアクリル製としている。なお、水路には図中の整流管の上流にポンプを接続し、給水を行っている。

実験を行ったケースを表-1 に示す。流速及び投入する礫の粒径をそれぞれ2ケースとした。圧力シートに対する流水の作用を確認するために、礫を投入しない清水時の実験も行い、合計6ケースとした。流速は、ポンプの流量を変化させることにより制御しており、ノズル直下における断面平均流速である。実験の際には、ノズルの直下において礫を投入した。

水路中に投入した砂礫を写真-1 に示す。投入する礫については、質量、長径、中径および短径を計測し、平均径(幾何平均)を算出し設定した粒径の $\pm 20\%$ に収まるものを採用した。

礫が水路に衝突する際の圧力を計測するために、FUJIFILM社製の圧力シートを採用した。圧力シートの規格は、ケース6のみが超高压であり、他はすべて高压である。圧力シートの貼付状況を写真-2 に示

す。圧力シートの大きさは幅380mm×長さ270mmであり、四辺を鋼製枠でボルト固定した。圧力シートの防水のため、ラミネートによる保護を行った。

ケース2,3,5,6において、それぞれ5回ずつ礫が衝突するまで実験を行い、スキャナにより衝突箇所を画像化し、専用ソフトによる解析を行った。

3. 実験結果

実験中の流況を写真-3 に示す。目視およびビデオカメラにより流況を観察し、礫が跳躍して圧力シートに衝突する様子を確認した。水路底面を転動して



図-1 実験水路概要

表-1 実験ケース

ケース	流速(m/s)	粒径(mm)
1	7.5	—
2	7.5	50
3	7.5	100
4	15	—
5	15	50
6	15	100



(a)粒径50mm (b)粒径100mm
写真-1 水路に投入した砂礫



写真-2 圧力シート貼付状況

キーワード 摩耗, 砂礫, 排砂バイパストンネル, 高速流

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 土木研究所水工研究グループ TEL 029-879-6783

がら到達した礫は、鋼製枠に衝突してし、圧力シートに衝突することはなかった。

圧力シートを解析した結果の一例を図-2 に示す。なお、清水時に実施したケースでは、圧力シートに反応がなかったことから、各着色は礫の衝突に伴うものであると考えられる。解像度は1ピクセルあたり0.025mm×0.025mmである。スケールを図中に示しているが、いずれのケースにおいても、接触面積は小さくほとんど礫が点に近い状態で接触している。

各ケースにおける加圧長さを図-3 に示す。ケース3,5,6の平均値はほぼ同じであるが、流速が大きい場合はばらつきが大きいことが確認できた。

各ケースにおける加圧面積を図-4 に示す。図より加圧面積は粒径によって差があることが確認できる。

各ケースにおいて得られた圧力値から作用荷重を算出した結果を図-5 に示す。作用荷重は流速が大きく、粒径が大きくなると大きくなる。また、作用荷重のばらつきは加圧面積のばらつきに

じて粒径が100mmの場合に大きくなっているものと推察される。

4. まとめ

圧力シートを用いて、高速流中で跳躍する礫が水路底面に与える圧力を計測した。その結果、以下の内容が明らかとなった。

- ・圧力が作用する面積は、粒径100mmであっても約30mm²程度であり、流速15m/sの流れであれば、作用荷重は約4,000Nである。
- ・加圧範囲は、粒径と流速が大きいとばらつきが大きくなり、作用荷重も大きく変動する。

参考文献

1)西川亨, 山根雄一, 大本雄二: 旭ダム排砂バイパスにおけるトンネル摩耗量とその対応策について, 第4回 APG シンポジウム&第9回 EADC, pp.80~85, 2016
 2)例えば, 石橋毅: ダム排砂設備の流下砂礫による摩耗・損傷に関する水理学的研究, 土木学会論文報告集, 第334号, pp.103~112

