

急斜面上の角柱群に作用する流体力の計測

広島市 正会員 ○河津駿二
広島大学 フェロー会員 河原能久
名古屋大学 正会員 椿 涼太

1. 背景と目的

平成 26 年 8 月の広島土砂災害では同時多発的な土石流によって死者数 75 人を含む甚大な被害が発生した。広島市安佐南区八木三丁目の阿武の里団地の流域に振った大雨は、合理式を用いると $4.9\text{m}^3/\text{s}$ 程度のピーク流量を生み出し、最大勾配 1/4 にもなる急斜面上を流下したと推定される。実際には土石流が家屋群を破壊したが、たとえ土石流ではなく水流のみが団地へ流入したとすると、ピーク流量に対して団地内の道路上の水深は 10cm 程度であっても流速は十分に大きく、そのような高速流中を避難することは困難であったとされる。

一方、急斜面上の流れ中に置かれた物体に作用する流体力を直接計測した研究事例は限られている。そこで、本研究では、定常な射流中に置かれた角柱群の角柱個々に作用する流体力の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

本研究では図 1 に示すような水路長が 340 cm、水路幅が 60 cm の実験水路を用いた。水路勾配は 1/4 であり、模型に接近する流れは射流である。流体力を計測する模型は $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 30\text{cm}$ の塩化ビニル製の角柱である。計測模型以外の角柱群模型の材料は木製である。測定項目は、角柱に作用する主流方向の流体力、角柱周りの水深である。また、水の流れをビデオで撮影した。

以下に実験条件を述べる。全ケースにおいて模型縮尺は 1/150 を想定している。本研究では 4 段階で実験を進めた。Case-1 では、実験の正確さを検討することを目的とした。等流区間の水路中央に角柱を 1 本のみを固定し流量を 5 ケース変化させ、流体力を計測した。Case-2 では、水路の横断面に 6 本の角柱を設置し、流量を変えて中心軸沿いの角柱に作用する流体力と角柱

周りの水深を測定した。Case-3 では、図 2 に示すように、1 列目は上流端から 262 cm、2 列目は 270 cm、3 列目は 278 cm の位置に角柱群を固定した。流量は Case-1 と同様の値にした。中央の 2 本の角柱間の距離が流体力に及ぼす影響を明らかにするためにその間隔を変化させて流体力と水深を計測した。Case-4 では、Case-3 の角柱群に対して、比重 2.65、平均粒径 0.3 mm、約 1200 g/s の土砂を流量 7.5 l/s の流量に投入した。

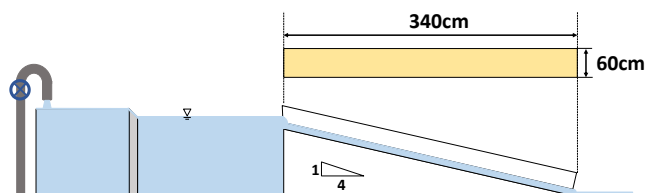


図 1 実験水路の概形

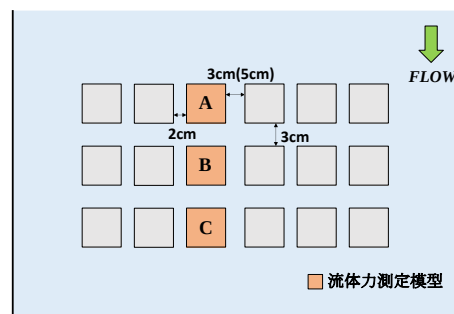


図 2 角柱群の配置

3. 実験結果と考察

3.1 Case-1, Case-2

末永ら¹⁾は、角柱 1 本に作用する流体力を対象とし、フルード数が増加するにつれて抗力係数が 1.20 に漸近することを示している。図示はしないが、Case-1 の実験では、フルード数が 8.0~8.7 に対して抗力係数は 1.15~1.21 となり、末永ら¹⁾の結果と一致した。この結果よ

キーワード 流体力、高フルード数、抗力係数、射流

連絡先 〒731-0113 広島市安佐南区西原 8-14-4 Crescent 403 河津 駿二

TEL : 080-5275-5880

り、本実験方法の妥当性が確認された。

Case-2 の実験結果より、図示はしないが、流体力と流量の間には線形関係があることがわかった。また、本実験の水路中心軸を挟んで対称地点に位置する中心 2 本の角柱の流体力と前面水深は一致し、実験結果の左右対称性を確認した。これより、計測は水路片側のみとすることとした。

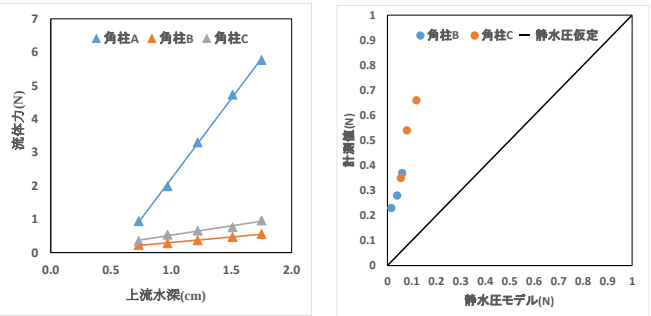
3.2 Case-3

図 3 に中央の 2 本の角柱間の距離が 5 cm の時の角柱 A, B, C に作用する流体力の計測結果を示す。左図に示すように、角柱 A は角柱 B, C に比べて流体力が極めて大きく、接近流の水深の増加に伴い流体力は急速に増加する。また、右図は角柱 B, C に作用する流体力の計測値と静水圧近似を適用して求めた流体力を比較したものである。この図より、常流の汜濫流に対して妥当性が確認されている静水圧近似は成り立たないことが分かる。流れの可視化より（図 4）、角柱 B と角柱 C は、上流側の角柱間を流れてきた水流が角柱の角部周辺に衝突していることが分かる。流量が増加するとともに衝突する流速は増加するものの、衝突面積の増加がわずかであるため、流体力の増加が小さいと考えられる。また、角柱 C の流体力は角柱 B の流体力の 1.5-1.9 倍となっている。これは、衝突時の流下方向の流速が、角柱 B と比べると角柱 C 前面の方が大きくなっているためと考えられる。

3.3 Case-4

本ケースでは、単位幅流量は $127\text{ cm}^2/\text{s}$ であり、単位幅流砂量は $12.3\text{ cm}^2/\text{s}$ であり、土砂と水の混合密度は 1.09 g/cm^3 である。また、上流水深は Case-3 と比較して 1 mm 増加した。図 5 に土砂投入時の角柱 A の流体力の時間的変動を示す。角柱 A の土砂投入前の流体力の平均値は 0.95N、土砂投入後の流体力の平均値は 0.98 N である。土砂投入時には流体力の平均値は 1.22 N と増加し、ピーク値も増加している。また、角柱 B, C も同様に流体力は増加している。流体力の増加の理由を次のように検討した。まず、水のみの場合の上流水深での平均断面流速を算出し、各角柱の抗力係数を算出する。次に、土砂投入により抗力係数は変化しないとして流体力を算出する。表 1 に計測値と計算値の比較を示す。表 1 に示すように計測値と計算値共に流体力は増加していることがわかる。各角柱、計測値より計算値の方が小さい値を示しているが水深、土砂投入量等の計測誤差

が原因であると考えられる。本実験結果より、土砂投入により水深、密度が増加したことによって各角柱に作用する流体力が増加したことがわかった。



(a)接近流の水深の影響 (b)静水圧近似との比較

図 3 中央の 2 本の角柱間の距離が 5cm 時の流体力

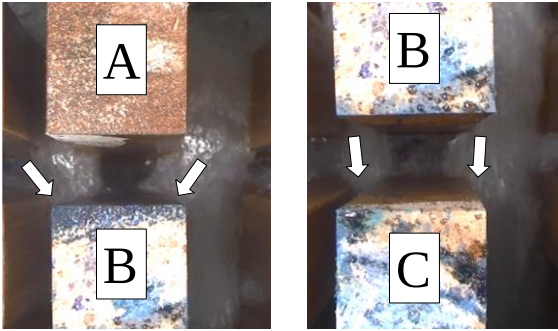


図 4 流量 11.8l/s 時の角柱周りの流れ

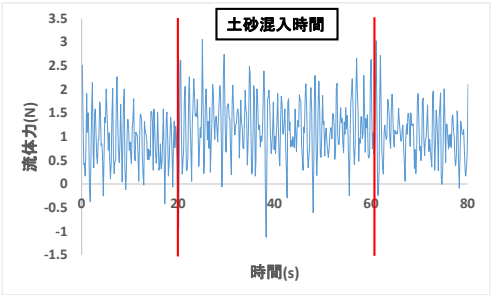


図 5 土砂投入時の角柱 A の流体力の変動

表-1 流体力の計測値と計算値の比較

	角柱 A	角柱 B	角柱 C
水のみ(N)	0.94	0.23	0.34
計測値(N)	1.22	0.25	0.39
計算値(N)	1.02	0.24	0.37

参考文献

1) 末長ら：多柱構造物に作用する津波波力に関する実験的研究，土木学会論文集，Vol.70，I_390-I_395，2014.