

土石流内部の渦構造

Vortex Structures of Debris-Flow Inside

○ 中屋志郎, 京大理, 京都市左京区北白川追分町, E-mail: nakaya@fluid.mbox.media.kyoto-u.ac.jp
Shirou NAKAYA, Kyoto Univ., Kitashirakawa-Oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto

I discovered clear helical patterns of rubbles in debris-flow deposit which was formed by debris-projection from main part of debris flow. The result of physical analysis indicates that they are organized vortex structures.

1. はじめに

土石流の運動機構と乱流構造の詳細については、内部構造の直接観測が困難であることから、未解明の部分が多く残されている。扇状地に残された土砂堆積物の多くは、土石流本体の運動速度が減衰して停止に至り形成されたものである。土石流運動機構の解明には、発達した土石流の内部構造の研究が重要と考えられる。この観点から、流路湾曲部の偏流域において土石流本体から分離・射出した土砂堆積物の観察と計測を行い、内部構造を解析した。土石流堆積物に発達する渦構造について明らかにするとともに、考察した土石流本体の運動メカニズムについて述べる。

2. 計測および解析方法

研究対象としたのは、2009年7月7日に和歌山県田辺市秋津川の中通谷川において、降雨が誘因となって起きた土石流である。発達した土石流が流路湾曲部を通過した際、土石流本体から分離・射出して空中飛翔した後、流路近傍に着地して形成された土砂堆積物の内部構造を解析した。堆積物の上から水を散布することにより一定量の砂泥基質を洗い流して礫の配列と構造を露わにした後、スケッチおよび写真撮影をおこなった。トータルステーションを用いて各礫のa軸、b軸および重心の位置を3次元的に計測するとともに、礫の連続的な配列パターンについて計測した。礫はサンプルし、質量および礫の3次元形状を測定した。

3. 結果および考察

水平に近い断面における解析結果の一例をFig.1およびFig.2に示す。Fig.1において礫の配列に着目すると、同規模の径をもつ礫が連続して石列をなし、これらが収束して組織的ならせん渦構造が形成されたことがわかる。隣り合う同規模の渦と渦を繋ぐように発達するらせん渦構造も明瞭に認められる。大規模渦構造の内部には同様の形態とメカニズムをもつ、より小さな規模の渦が発達し階層構造を形成したことが明らかになった。渦の中心には核となる大径礫が存在し、この大径礫を取り巻くように、より小規模な礫の群が集約的かつ規則的に配列し、渦の中心に向かってらせん状に収束するパターンを形成することが多い。一部では渦核となる大径礫が存在せず、中心付近に、より小規模な複数の渦構造が発達している場合も認められる。渦核および渦と渦の境界付近に位置する礫には、回転軸(a軸)を鉛直方向に向けて直立する現象が認められる。後者の礫は、互いに隣り合う複数の渦相互の構造に対して共役な姿勢で位置している。各渦は同方向の回転成分をもち、運動方向前方に向かって反時計回りのスピンを示す。Fig.2に示した、石列のパターンとa軸が示す礫の運動方向との対応関係からも、連続的に並立する明瞭な渦構造の存在が認められる。土石流堆積物の内部において、ケルビン-ヘルムホルツ不安定性から発達する混合層乱流の大規模構造⁽¹⁾にきわめてよく似た渦構造の存在が明らかになった。土石流本体のもつ構造が堆積物にも保持されたとすると、土石流内部において剪断応力を受けた大径礫が渦の中心となってスピンス、周囲の流体とともに、より

小規模な固体粒子群を巻き込んで渦運動したことが推定される。発達した土石流段波の内部および先端には、このような大径礫を中心に渦度が集中し、一つの段波全体が、それ自体としてより大規模な渦構造を形成して運動するメカニズムが推察される。

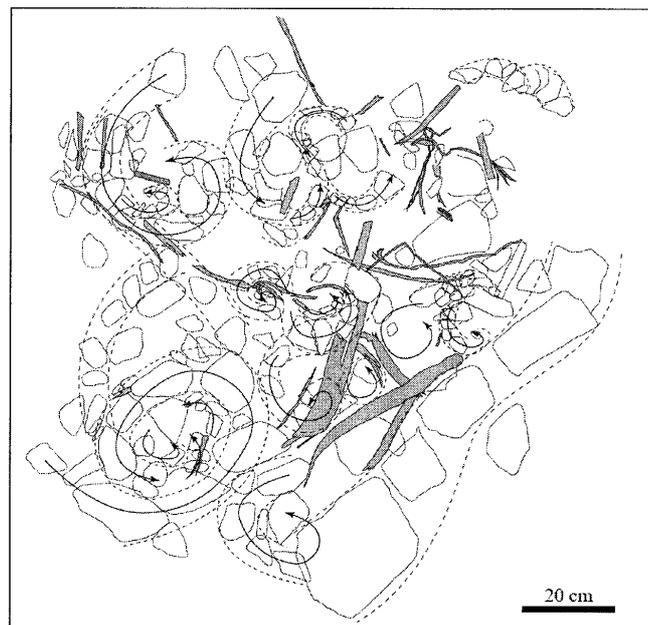


Fig. 1 Helical vortex structures in debris-flow deposit

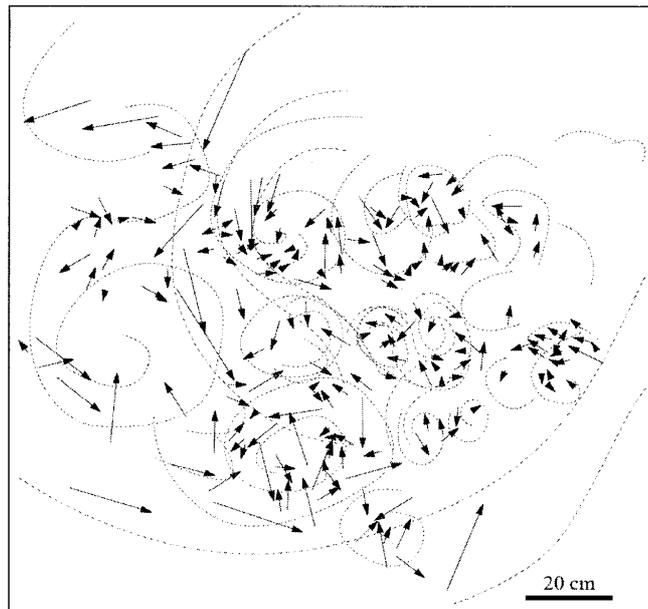


Fig. 2 Relationship between a-axes of rubbles and vortex structures

参考文献

- (1) Brown, G L. and Roshko, A., On density effects and large structures in turbulent mixing layers. J. Fluid. Mech., 64 (1974), pp. 775-981.