

風による物体まわりの砂の洗掘過程

金沢工業大学 正 員 中川 武夫
 金沢工業大学 学生員 〇 吉沢 彰師
 金沢工業大学 学生員 大崎 弘人
 金沢工業大学 正 員 今井 浩

1. 緒 言

風の軌跡が平坦な砂面上に置かれた物体によって局所的にさざざとすると、その物体の背後に周辺の砂が集まり砂の影が形成される。以後、物体の背後の砂の影を砂影と呼称する。Fig.1 は Bagnold (1941) によって描かれた風による物体背後の砂影形成過程を示す。この図のように、流れる砂の中に物体が置かれた場合には外部流と物体後流とがいくらか不鮮明な不連続表面によって分離される。近似的なこの不連続表面の平面形状及び横断面形状は Fig.1 a に破線と示められたようになった。外部流はこの不連続表面に沿うように流れ、一方、物体後流は旋回流や渦によって満たされる。物体後流中の平均速度は一般に外部流のそれより小さいが、物体から遠ざかると共に、この速度は徐々に増加し最終的には外部流と等しくなる。

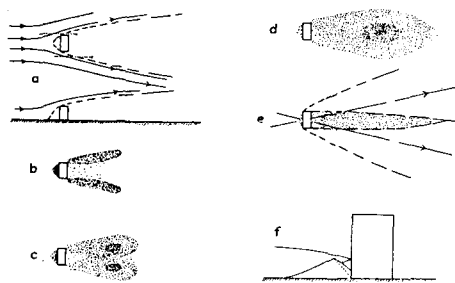


FIG.1 FORMATION OF A SAND SHADOW

物体前面に衝突した砂粒子は物体から反跳したり、また直下に落下する。時間の経過に伴ってこれらの砂粒子がつくった物体前方の山 (Fig.1 f 参照) の高さが増え高くなった。この山の横断面形状は前方斜面がななすかり

勾配をもつたに對し、後方斜面がより急な勾配となり最終的にはこの面での砂の安息角と等しくなる。この後方斜面勾配が砂の安息角と等しくなったときには、この斜面上へ落ちてくたした砂粒子はこの斜面上を旋回流に滑り落ちてくたしたことになるが、このときの物体側方へ向って滑り落ちてくたした砂粒子は外部流によって下流方向へ運搬されることになる。

ところで、安息角と砂粒子のこの軌跡は当然のことではあるが一致しない。砂粒子の密度は安息角のそれより約 2000 倍であるが、前者の軌跡は後者のそれに追従するのではなく以前軌跡の延長線とを造る傾向が強い。たゞ、Fig.1 a に描かれたように、物体前方の砂粒子は外部流と物体後流との不連続表面と交差して物体後部へ入り込んで滞留するようになる。このとき、また物体背後に砂影が形成される原因でもあることになる。

Bagnold (1941) によって示された物体背後の砂影形成過程は Fig.1 b, c, d にスケッチとされている。すなわち、砂影発達初期には Fig.1 b に示したように左右一対の砂の堆積部が形成される。しかし、時間の経過に伴って、この一対の砂の堆積部は旋回流や渦の働きによってその面積が増える同時に、砂影は右対称軸側へ互いに接近し (Fig.1 c)、最終的には両者が合体して一つの大きな砂の堆積部となる (Fig.1 d)。なお、Fig.1 e は外部流の速度が変化した場合の砂影の姿

形・状況を示す。

本研究で用いた砂面内には、その一部が埋め込みと内柱に一樣な空気流が流れた場合、内柱まわりの砂の堆積、洗掘過程がどのようなものかを示すことが出来ることとが主な目的とする。

2. 実験

実験は測定部の長さ 200 cm、幅 20 cm、高さ 20 cm の風洞内において実施された。測定部の底面上に厚さ 20 mm の砂(中粒粒径 0.31 mm 比重 2.65)を一樣に敷いた。測定部中央に外径 5.5 cm の内柱を垂直に立てた。なお、内柱の下部は砂層厚に合わせた埋め込みとし、残りの内柱部分は風洞の上面に突出している。内柱前方の一樣流の平均風速は 17.6 [cm/sec] であり、この風速で内柱直径を基準にしたレイノルズ数は 646 であった。

3. 結果

ここでは風速分布、砂面形状などに關する定量的データの表示は割愛し、主として実験中に撮影された内柱背後の砂影の状況を示す写真を用いて実験結果の概要を説明するにしよう。

$t=60$ 秒の時点での内柱背後砂面に左右一対の洗掘部が現れた。この洗掘部の特徴は、左右の形状が異なっており、洗掘が内柱の背後の砂面に及ぶ内柱前面にそれぞれ異なるような凹凸を生じている。写真1は、更に洗掘が進んでいるその後の基本的には $t=60$ 秒の洗掘状況とほぼ等しい。この状況で $t=300$ 秒程度まで継続する。しばらくすると、この間に洗掘部の面積、洗掘深さが増加していった。

ところが、 $t=390$ 秒になると写真2から明らかなように内柱背後砂面の左右非対称な洗掘部の後方には、外部流(写真1より左へ向く)方向に斜めに交差する前縁をもった砂の波が形成された。この砂の波は内柱後方の砂面全体に形成され、内柱から遠ざかるにつれて、砂の波の前縁は外部流の方向に次第に交差するようになり、写真3で $t=700$ 秒の時点の内柱まわりの洗掘の状況を示すが、この場合でも洗掘部内部に砂の堆積の様子が現れる。以上のことから、実際の物体背後の砂影形成過程は報告で紹介した Bagnold(1941 The physics of blown sand and desert dunes, p.190)と異なるといえる。



写真1: 内柱まわりの砂の洗掘 ($t=120$ 秒)

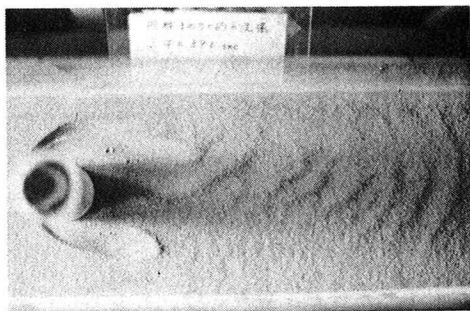


写真2: 内柱まわりの砂の洗掘 ($t=390$ 秒)

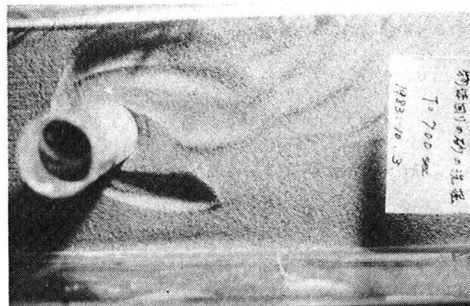


写真3: 内柱まわりの砂の洗掘 ($t=700$ 秒)