

1. はじめに

著者らは前報¹⁾で、含水比が液性限界以下の塑性状態にあるカオリナイトの洗振形態は脆性的傾向の強いものであることを報告した。今回は、同じく塑性状態のベントナイトについてその特徴的な洗振形態を報告する。

2. 実験方法

実験水路は前報と同じく、高さ 2 cm $\times$ 幅 14 cm の矩形管水路であり、水路底の一部に装着された試料は取り外しが可能である。限界掃流力をかなり上回る掃流力で通水し、逐次、洗振形態を写真撮影した。通水後の試料は水路から取り外しても表面形状が保存される。これを詳細に測定するために、目盛の付いたアクリル製の薄い板を 2 mm 間隔で横断方向に刺し立て、カメラに収めた。

3. 洗振形態

本実験の対象となった領域、すなわち、試料の含水比が $100 \sim 300\%$ 、ベーン剪断強度が $1000 \sim 4000\text{ N/m}^2$ および、掃流力が $20 \sim 50\text{ N/m}^2$ という条件下では、次の i) $\sim$ iii) の過程を経て洗振が進む。

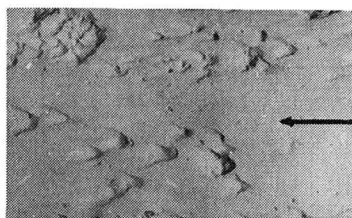
i) 流下方向に筋状の縦縞を生じる。その長さは一 $\sim$ 2 cm で、不連続であり、間隔は $5 \sim 6\text{ mm}$ である。この縦縞は高含水比の試料にも生じることが知られているが、その場合は流下方向に連続するという点で、本実験とは様子が異なる。

ii) 縦縞の幅が広がり、そこから局所的な洗振が進行し、上流側を向いたくさび形のくぼみが散在し始める。(写真-1. (a), (b))

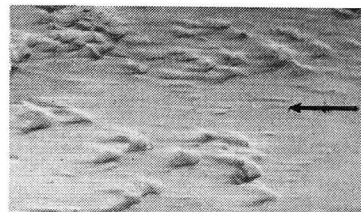
iii) 試料の強度と掃流力の大小関係によっては ii) の段階で平衡状態に至るが、掃流力の大きいものではさらに洗振が進み、くさび形のくぼみが密集してウロコ状の表面を形成する。(写真-1. (c), (d))

ここで特筆すべきことは、ウロコ状の表面が形成された後、小さな掃流力で長時間通水すると、流下方向の波状性は、高次のモードが消失して滑らかになり、一方、横断方向の凹凸は増極されるということである。(写真-1. (e), (f))

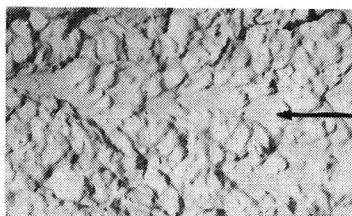
尚、写真-1の (a), (c), (e) は上流側から光を当てた状態であり、(b), (d), (f) は側面から照らしている。



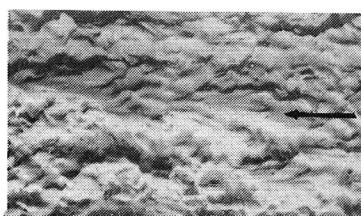
(a)



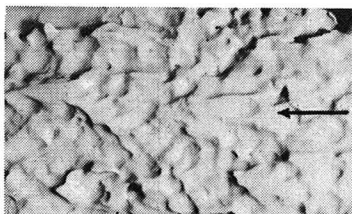
(b)



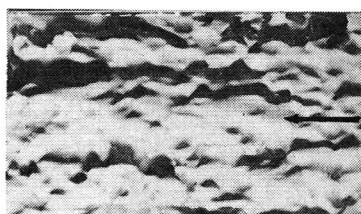
(c)



(d)



(e)



(f)

写真-1 低含水比ベントナイトの洗振形態

4. 底面形状の特性

ウロコ状底面の形状の詳細な測定結果をもとに、1ケースのみ(試料の含水比160%, 掃流力40 N/m²)についてスペクトル解析を行なった。水路中心軸上の試料上流端を原点とし、流下方向にx軸、横断方向にy軸を定義した。y軸は上流側から見て右向きを正とした。写真-2は、これに上流側から光を当てて撮影したものであり、図-3はその等高線図である。

図-1(a)は流下方向の底面形状のパワースペクトル、図-1(b)は横断方向のものである。流下方向のスペクトルは、砂連・砂堆について知られている3乗則に従う周波数領域を持つことがわかる。横断方向のものは、これに比べて高周波成分の減衰が早く、ほぼ $\lambda/2$ 乗で減衰している。

図-2は2次元のパワースペクトルである。 (λ_x, λ_y) = (3.9 cm, 3.3 cm)なる波長ベクトルが明確なピークを与えている。また、高周波領域においても、 $f_x = f_y$ なる方向に峰が見られることから、くさば形のくぼみが千鳥状に配列する傾向があることがわかる。

5. おわりに

本実験のように、洗掘のみで堆積を伴わない移動床においても河床波が生じる場合のあることが示された。

ウロコ状の突起のすぐ背後には、底面の平均高さより深くなった横断方向に細長いくぼみが存在することが、図-3および写真-2からわかる。これは、初期の微細な凹凸がある程度成長するとそこに渦が滞留をれてくさば形のくぼみが形成されるという過程を暗示しているように見える。また、河床波の高次モードが低流速での通水によって消失することから、河床波と最小渦径の間に何らかの関係があることも予期される。これらに定量的裏付けを与えることは今後の課題である。

自然状態でこのような河床波が見られたという例は知らないが、現地から採取した不攪乱土に対して同様な実験を行なったところ、これに類似した床面形状を呈したものがあつた。

〈参考文献〉

- 1) 酒井, 金山, 斎藤;
昭和57年度, 東北支部技術
研究発表会講演概要

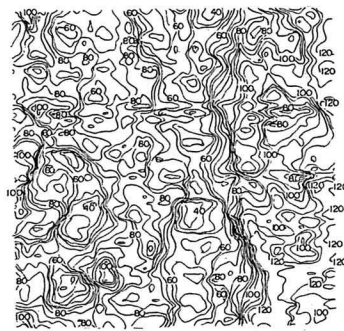
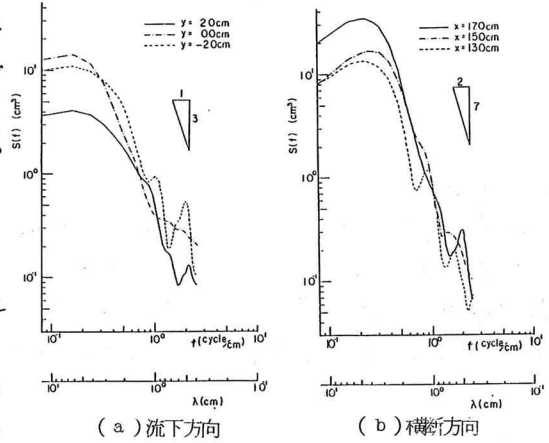


図-3 等高線



(a) 流下方向 (b) 横断方向
図-1 ベントナイト河床波のスペクトル

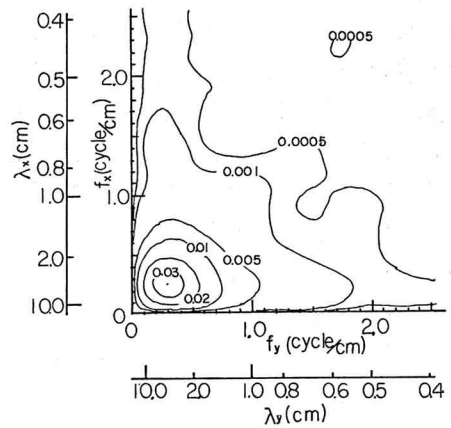


図-2 2次元スペクトル

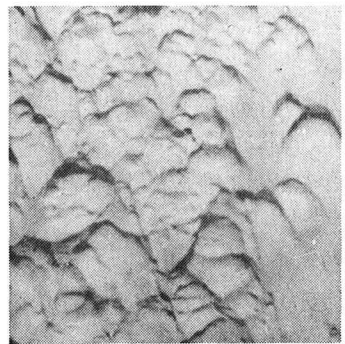


写真-2 ウロコ状河床面