

東亜建設工業株式会社 正会員 五明美智男
 東亜建設工業株式会社 正会員 大槻 忠
 東京水産大学 正会員 系洵長敬

1. はじめに

浅海域において浮遊・堆積する底泥は、非常に含水比が高く、小さな剪断力で変形し、波浪・潮流等の作用により容易に巻き上げ、移動し、水質汚濁・港湾埋没等の環境問題を引き起こす。こうした底泥の巻き上げ・移動に関する従来の研究は、一方向流のもとでの実験的検討が大部分であり、波の存在下での実験例はほとんどなく、波の場における底泥の巻き上げや移動については不明な点が多い。

本研究は、波による底泥の巻き上げ現象に焦点を絞り、巻き上げ以前に底泥表面上に見られるマッドリップル（泥漣）の発生・発達過程および巻き上げとの係わりについて実験的に検討したものである。

2. 実験方法

実験は、長さ25m、深さ1.5m、幅40cm、岸側に反射波の影響をなくするために1/20の勾配を設けた2次元造波水路を用いて行い水路中央部に図1-(a)に示すような長さ2.5m、深さ7cmの溝を設け底泥を敷きつめた。今回底泥としてもちいた試料は、粒子比重2.60、中央粒径 $3.4\mu\text{m}$ 、粒度特性として砂分4%、シルト分42%、粘土分54%、コンシステンシー指数として液性限界160.2%、塑性限界24.7%のベントナイトである。

実験は、水深20cm一定、周期1.05秒、入射波高0.3~8.3cmという条件に対し、ベントナイト含水比を200~270%の7段階に変えた合計70ケースについて行い、ビデオカメラにより底泥表面上のリップルの発達過程を観察した。特に、リップルの波長の測定にあたっては、直径2mmのスチレン粒子をマーカーとして投入し、水槽ガラス面の斜め前方からライトをあて、リップルの形成を確認しながら撮影した（図1-(b)）。

3. 実験結果

定常状態において、底泥表面上にできるマッドリップルを模式的に示したのが図2の(a)から(d)である。図中、 λ はリップルの波長、 H はリップルの波高を示す。マッドリップルは、水粒子の運動に対して $\pi/4$ だけ位相が先行し、波の進行方向に対し後傾した非対象形をしている。また、リップルの波高は、入射波の波高が増すにつれ大きくなる傾向にあり、巻き上げは、リップル波高が層流境界層理論により求まる境界層厚みを越えた時に、図2の(a')から(d')に示すような機構で生じるようである。さらに入射波の波高を大きくしていった場合には、底泥表面上に濃度の高い浮泥層ができ、リップルの測定は不可能となった。

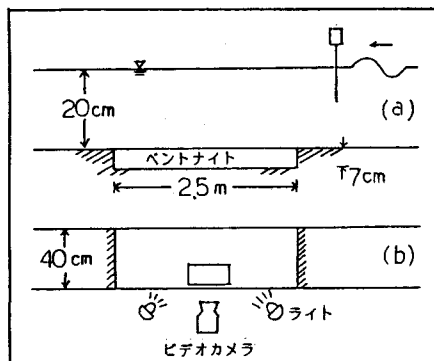


図-1 実験装置・方法

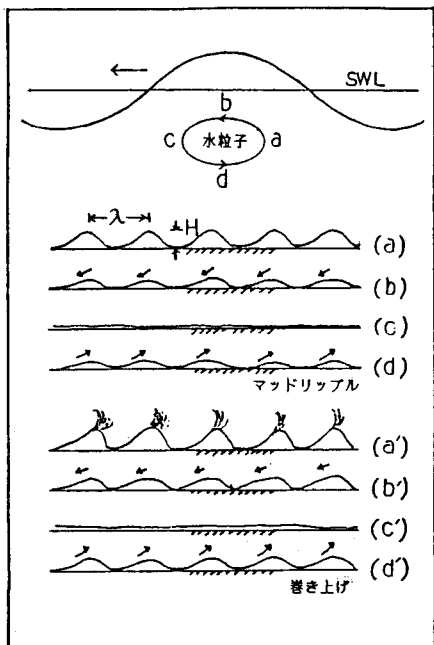


図-2 定常状態におけるマッドリップルおよび巻き上げの模式図

図3は、マッドリップルの波長 λ と含水比 W の関係を示したもので、パラメータとして底泥沖側の固定床上での入射波高 H_1 を用いている。この図より、リップル波長 λ は入射波高が大きいほど大きく、また同一入射波高に対しては247～250%付近に最大値が存在することがわかる。その理由として、境界層内に発達するリップルは、底泥が固定床に近い低含水比領域では、境界層外縁の流速と内部流速との位相差によって生じているのに対し、底泥の振動が見られるようになる高含水比領域では、境界層外縁の流速と内部流速および底泥の振動との位相差に基く複雑な剪断力により生じているためと考えられる。

上述の結果から、境界層内に発達するリップルの発生機構について力学的に考察するため、現象を支配する要因として、境界層外縁での流速の振幅 U_{max} 、層流境界層厚さ δ_l 、底泥の動粘性係数 ν_{mud} を考える。一般に、泥の粘度は必ず速度によって異なるが、ここでは低速度での粘度 η_0 により、各含水比における見かけの動粘性係数 ν_{mud} を算出した(図4)。これら3つの物理量によりレイノルズ数 $U_{max} \cdot \delta_l / \nu_{mud}$ を求め、図3を整理し直したものが図5である。図の縦軸は、リップル波長 λ を微小振幅波理論により求めた境界層外縁での水粒子軌道直径 d_0 で無次元化したものであり、パラメータとしては入射波波形勾配 H_1/L_1 を用いている。図からわかるように、 λ/d_0 の値は山型の曲線を示し、ある特定のレイノルズ数で最大となり、その最大値は H_1/L_1 の値が大きくなるにつれ高レイノルズ数側にシフトする。

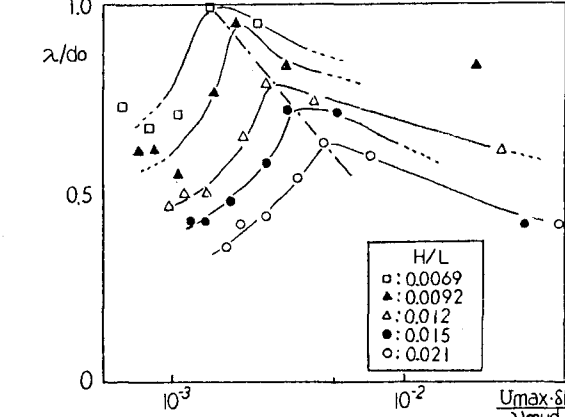


図-5 $U_{max} \delta_l / \nu_{mud}$ と λ / d_0 の関係

4. あとがき

底泥表面上に形成されるマッドリップルについて実験的に検討し、考察を加えた。その結果、1)マッドリップルの形状、2)マッドリップルの発達と巻き上げとの関わり、3)底泥の含水比の違いによるマッドリップルの形成機構などについて定性的に明らかになった。また、リップル波長の発達は、入射波波形勾配 H_1/L_1 および底泥表面上の境界層レイノルズ数 $U_{max} \cdot \delta_l / \nu_{mud}$ により整理できるものと思われる。

参考文献

渡辺 晃：「振動流境界層と海浜過程」、水工学シリーズ79-B-3、昭和54年 7月

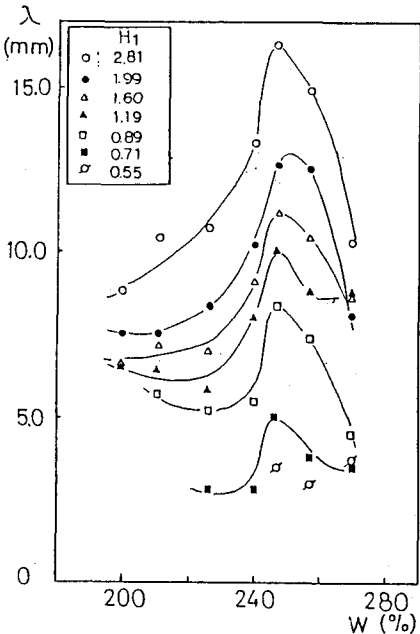


図-3 マッドリップルの波長と含水比の関係

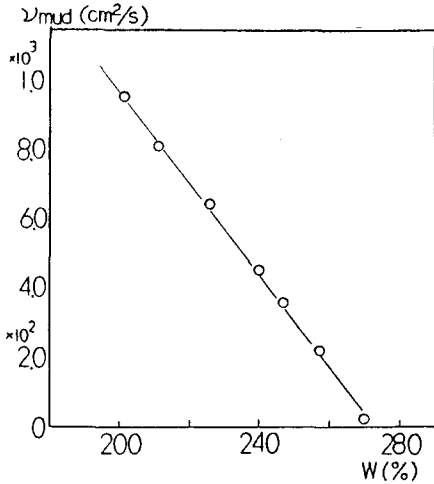


図-4 ベントナイトの動粘性係数と含水比の関係