

II-209 空気流中において発生する砂漣に関する基礎的研究

防衛大学校 学生員 ○植松 正伸  
 防衛大学校 学生員 首藤 誠志  
 北海道大学 正員 山田 正

1. はじめに 小規模河床波に関する研究は従来精力的に行なわれており、Kennedy, 林らの理論により、その発生要因はほぼ明らかになっていると思われる。しかし発生機構の細部に関しては、未だ十分に解明されていないのが現状であると思われる。このような観点から本研究は以下の2点につき詳細な実験を行い、砂漣の発生原因を明らかにすることを、目的として行った実験である。

(1) 風洞実験、現地飛砂観測を行い、粒径が空気流河床波(リップル、風紋)形状に与える影響を見る。

(2) 底面形状と底面せん断応力間の位相差を滑面、粗面につきそれぞれ測定し、砂漣の発生を考察する。

2. 実験装置、実験方法および実験条件

(1) 空気流によって発生する砂漣の現地観測は、神奈川県横須賀市野比海岸にて行った(写真1)。風速は回転風速計で測定し、砂漣波高は風紋の移動のない風の弱い日にポイントゲージにて測定した。現地で採集した砂2種類及び標準砂の3種類の砂( $d_{50}=0.2, 0.3, 0.6\text{mm}$ )を用いて風洞でできる砂漣(写真2)と現地の砂漣の波形を比較した。

(2) 実験に用いた風洞は長さ5.5m、幅40cm、高さ39cmである。風速はピトー管およびバツツ型マンオメーターにより測定し、砂漣の波形はポイントゲージで5mmおきに測定した。

(3) 底面せん断応力の測定においては、波長8.5cm波高2.6mm波状断面を風洞内にセットした(図1)。底面静圧管の位置は風洞入口より4m、静圧管の point-point 縦断間隔は2.5mm44pointとした。これにより波状断面各点の静圧を測定した。底面せん断応力の測定には直径1mmの注射針をプレストン管として用いて測定した。粗面の粗度は完全粗面となるよう粒径1.2mm~1.7mmの砂を上記の波形上に貼りつけた。



写真1 現地(野比海岸)においてできる砂漣

写真2 風洞内においてできる砂漣

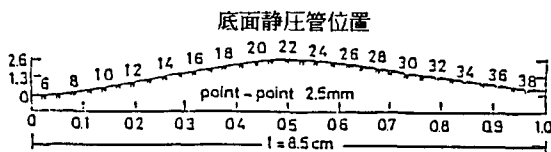


図1 測定点の底面形状

3. 実験結果及び考察

(1) 砂漣の形状；図2は現地及び風洞内においてできる砂漣の形状を比較したものである。現地観測及び風洞実験においてできた砂漣は波長、波形ともによく一致している。また水流中で発生する砂漣は剝離を伴い三角形形状を呈するのに対し、空気流中でできる砂漣は剝離を伴わず、波高もそれほど大きくは成長せず、ゆるいsin形状を呈しているのが特徴である。波長に関しては  $d_{50}=0.3\text{mm}$  の現地砂では9cmの砂漣ができ、 $d_{50}=0.6\text{mm}$  の砂を使った場合は波長18cmの砂漣ができたことから、砂漣波長は砂粒子の粒径にほぼ比例していることがわかる。

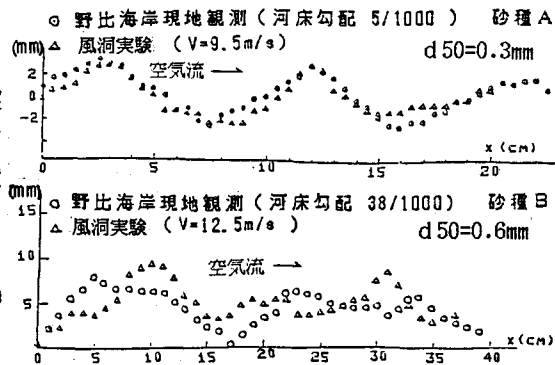


図2 現地観測及び風洞内においてできる砂漣の形状比較

(2)底面形状と底面せん断応力間の位相差； 図3,4は図1に示すsin形状をした底面上でのせん断応力の流れ方向分布を示すものであり、図3が滑面、図4が粗面の場合である。さらに図5は図3,4より得られる底面形状と底面せん断応力間の位相差(度)と無次元波数 $2\pi\nu/(LU\#)$ (ここに $\nu$ ；動粘性係数,L;波長,U#;平均摩擦速度)の関係を示している。図中にはHanrattyによってまとめられた他の研究者らのデータ及びHanrattyらの理論曲線も示されている。この図よりせん断応力の位相差は、ある無次元波数0.002あたりで  $80^\circ$  程度のピーク値をもっていることがわかる。さらに図5中には、著者らの風洞及び水路実験において発生した砂漣の無次元波数も併記してあるが(このときの縦軸は意味をもたない)、この図より水路および風洞内において発生する砂漣は、底面せん断応力の位相差を最大とする無次元波数において発生していることがわかる。一方同図中の $\Delta$ 印は、底面に砂を貼りつけた粗面の場合の位相差を示しているが、この図より粗面の場合には位相差がほとんど生じてないことがわかる。従来の研究により砂漣は粒子レイノルズ数 $U\#d/\nu$ ( $d$ =砂粒径)が、20以下において発生しており、20以上の粗面においては発生しないことが知られているが、これは上記の結果より、粗面においては底面せん断応力と底面形状の間の位相差が現れないことに起因していると結論づけられる。

4. 結論 本研究においては風洞内において発生するリップルと正弦波をした滑面及び粗面上の底面せん断応力の分布に着目して、その特性を明らかにした。その結果粗面においては底面せん断応力と底面形状の間に位相差が生じないこと、滑面においても位相差が最大となる無次元波数が存在し、この波数においてリップルが発生していることがわかった。

謝辞 本研究の遂行にあたり、山田は文部省科研費(代表：吉川秀夫早大教授)より補助をうけており、ここに記して謝意を表す。

参考文献 1) Hayashi, T.: Proc. ASCE, Vol. 96, No. HV2, pp. 431-439, 1970.

2) Hanratty, T.S.: Journal of Fluid Mechanics, Vol. 151, pp. 443-445, 1985.

3) Preston, M.A.: Journal of The Royal Aeronautical Society, Vol. 58, pp. 107-121, 1954.

4) Hsu, S. & Kennedy, J.F.: Journal of Fluid Mechanics, Vol. 47, pp. 481-502, 1971.

5) 首藤誠志、植松正伸、山田正、池内正幸：2次元小規模河床波の発生に関する実験的研究, 13回関東支部概要集, S. 61.2.

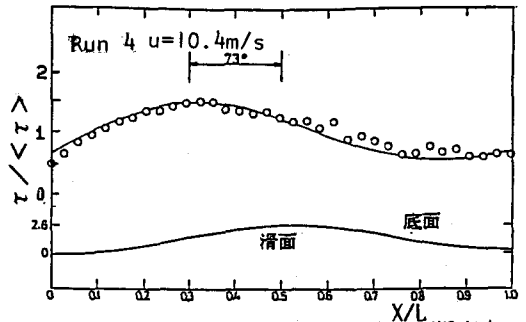


図3 正弦波形(滑面)上の底面せん断応力の流れ方向分布の一例(L=8.5cm)

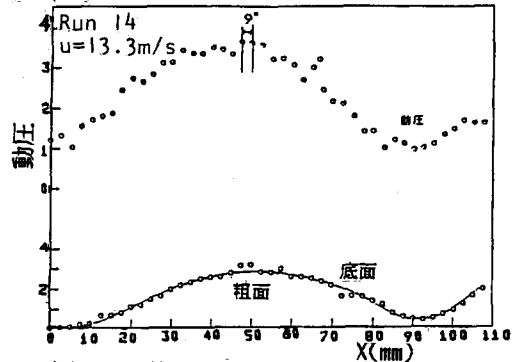


図4 正弦波形(滑面)上の底面せん断応力の流れ方向分布の一例(L=8.5cm)

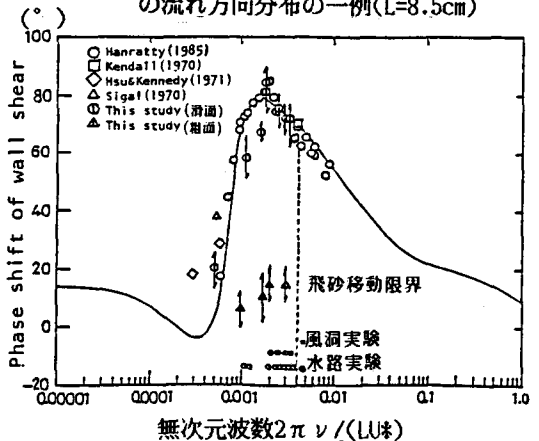


図5 無次元波数と位相差の関係( $\nu$ は動粘性係数,Lは底面形状の波長)