

東北大学工学部 正員 坂本龍雄
東北大学大学院 学生員 〇三王英壽

1. はしがき 砂または砂れき河床に生ずる波状形態 (Sand Waves) について、野外観測、室内実験、解析ともに内外において既に多くの研究が進められてきており、流砂や河川の蛇行性等工学上重要な事項とも関連づけた検討がなされているのは周知のところであるが、今後の向題点としては野外の現象に対する理論の適応性が重要であると思われる。この種の向題を複雑にする二大要素として、自然の地形をはじめとする複雑な境界条件による水流の乱れと、河床構成材の多様性⁽¹⁾とが考えられるが、ここでは特に後者、すなわち河床構成材の性質 (特に粒径とその分布) が河床の波の形成に対して果たす役割について検討しようとする一つの考えかたを示した。なお、比較的最近我が国でも、潮流が激しく移動砂の生ずる海底で類似の形態が観測され研究がなされているが、その形成機構を考える上で、河川における例と比較すると興味深い。

2. 考えかた

相対速度をもつ多層流体における境界面の不安定による内部波の発生理論を砂河床面の不安定向題に応用した考えかたが従来あるが、独立した粒子として不連続な挙動を呈する点で砂の運動形態は流体のそれに比較して異質であるため疑問が残る。河床の波の形成の根本となる現象は、河床構成材に対する掃流力の周期的変化によるものと考えられる。ここで河床の波形と水流の波との相互作用については、適当な条件の下では河床の波の発達に対して主要な役割りを果たすと考えられるが、このことの反証となる事例も野外や実験においてしばしばみられている (特に lower regime において) ことから、別の発生機構を考えてみたい。次のような例に対応させて、移動砂⁽²⁾始点付近 (河床条件の急変部) について先ずとり上げる。

1) 実験水路で、上流端付近の位置で、ある間隔をおいて河床の波が連続的に発生し下流に次々と移動する場合がみられる。これは岩盤の露出した峡谷部の安定河道の下流側で河床の波が生じ蛇行を伴う場合⁽³⁾ (例えば米代川中、下流部) との対応が考えられる。

2) 潮流の激しい内海で、大規模な海底砂州に重合して、特に砂州の先端部で顕著な波形の発生がみられる場合がある。これは河床に生ずるいわゆる "Dune with Ripples" と類似性がある。

ここで河床と水流との境界面付近の現象を次のようにモデル化して考える。

a) 流れが河床構成材に対して限界掃流力を越える強さに達すると境界面に移動層 (掃流層) が形成される (H. A. Einstein の Bed-Layer の考えかた⁽⁴⁾)。この層内の砂粒の運動形態は滑動、転動及び小規模な跳躍を主とし、移動砂の大部分がこの内で輸送され、その輸送能力の変化が河床の波を生じさせる原因となる。

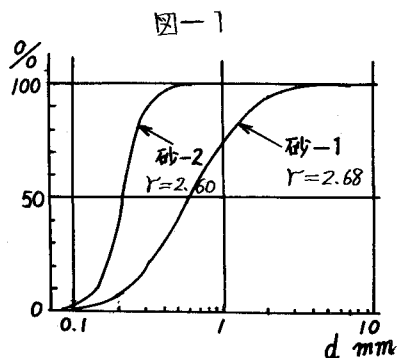
b) 掃流層厚 δ_s は境界面付近の乱れによる混合距離に影響されるが、移動砂の代表的粒径の2倍程度であると一応仮定する。

c) 何らかの原因によって掃流層内の掃流力が、ある位置で一定値以下になると限界掃流力 (ある

いは初動速度)の比較的大きい粒子群(一般に粒径の大きいもの)が停止し前縁となる。つづいて、河床に生じたこの突起の効果が加って後続の移動砂が停止する確率が高くなり、初期に堆積した粒子をおおいかくし、段落状の前縁をもつ波状形となり、一定の限界に達するまで漸次発達しながら進行する。

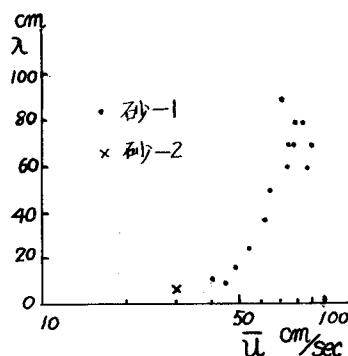
3. 実験的検討

幅: 50 cm, 流路長: 14 m, 最大流量: 80 l/sec の排水路を用いて平坦な砂床上に通水し、河床形態の発生初期に注目して観測した結果の一例を示す。図-1 は実験に用いた2種の砂の粒度曲線である。図-2 は明瞭な波状形態が連続して生じた場合の前縁間隔と通水直後の発生時における平均流速 $\bar{u}$ との関係を示すものである。砂-1 に対しては同図の点が表示 $\bar{u}$ の区間が Ripple 及び Dune に属する形態の発生範囲に相当している ($Fr = 0.50 \sim 0.98$)。砂-2 に対してはフルード数には独立に、 $\bar{u} \approx 30$ cm/sec が波の形成と対応している。



次に2-C)で述べた掃流力の場所的变化の一因として乱流境界層の発達を考えてみる。砂床始点から乱流境界層が生ずるとして、掃流層外縁付近の流速を境界層理論より求めこれを掃流層の流速と考える。図-3 は比重 $\gamma = 2.65$ の石英粒子について初動速度、侵食、運搬、堆積に対する粒径と平均流速との関係を示したものである。同図中に上記の方法で求めた砂床始点及び波状形態前縁発生位置付近の掃流層の流速の一例が示されている。

図-2



4. 上記の事項より河床の波の形成に対しては河床構成材の特性、特に限界掃流力あるいは初動速度とそれに対応する粒子の分布状況が重要な要素となることが予想される。

参考文献

- (1) 海上保安庁水路部: 備讃瀬戸東部の海底地形, 1962.
- (2) 茂木昭夫、加藤俊雄: 備讃瀬戸東部の sand wave について, 海洋地質 I-1, 1962.
- (3) 科学技術庁: 石狩川河道変遷調査, 1961
- (4) H. A. Einstein: The Bed-Load Function for Sediment Transportation in Open Channel Flows, 1950
- (5) Schlichting: Boundary Layer Theory.

図-3

