

吸水による波動乱流境界層流れの変化

鹿児島大学大学院 学生員 矢倉貴文

鹿児島大学工学部 正 員 佐藤道郎

1. まえがき

従来の海岸侵食対策としての海岸護岸、突堤、離岸堤などのハードな工法に対し、ソフトな工法の一つに、海岸の景観を損ねることも無い方法として、近年、デンマークやアメリカなどで取り上げられている Coastal Drain System がある。この Coastal Drain System は、砂浜に汀線より陸側に多孔管を集水管として埋設し、ポンプで吸水することにより砂を海底表面に吸着させて侵食に抵抗させようとするものである。その機能を把握していく上でいくつか解明していかなければならない問題があるが、その一つとして本研究では底面からの吸水に伴って波による底面の乱流境界層流れの特性がどんな変化をするかという点について解析を試みた。

2 計算における予備検討と概要

乱流境界層の数値計算にあたっては Choudhury & Sato(1994)による計算モデルを、底面における吸水速度を考慮し、修正して用いることにした。これは、Stokes 波の第2近似の底面速度を外縁流速として与え、乱流の一方程式モデルに基づいて計算を行うもので、計算に当たっては、解を各成分波に対応するものの重ねあわせとして求めるもので、直接に定常流成分、1次、2次の各成分が得られる。基本式は次で与えられる。

$$\begin{aligned}\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{w} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} &= \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_T \frac{\partial \bar{b}}{\partial z} \right) \\ \frac{\partial \bar{b}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{b}}{\partial x} + \bar{w} \frac{\partial \bar{b}}{\partial z} &= \nu_T \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \right)^2 + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_T \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \right) - \epsilon\end{aligned}$$

この式中、吸水の影響は直接には $\bar{w}$ が底面上でゼロでない吸水速度により変化し、また、底面下は透水性媒質として考えるので、底面下にも波による運動が誘起されることになり、固定床の場合のように slip 速度を 0 で与えると言うわけにはいかず、ある大きさを有することになり、それらを通して流れや乱れの特性が変わってくることが考えられる。

実際には底質の移動もあるので実際の状況を厳密に表現しようとするとかかなり複雑になることが考えられるが、実験の観察では吸水を行うと砕波による乱れがあるところでも砂は底面に吸い付けられたようになって、吸水が無いときに見られる砂漣の形成も無くなる。そして、その部分からの砂の移動はかなり抑制される。そのような特性を考慮して、ここでは底質の移動は考えず、ポーラスストーン等のような多孔質の変形しない底面上で形成される境界層を想定して計算を行うこととした。

計算を進めるに当たり、底面での境界条件をどのように与えるかという点について予備的な段階で検討する必要があった。実際、透水床で速度成分は 0 でない slip 速度を持っている。この透水性の底面での波による運動は最近、Liu(1996)らによって詳細に検討されているので、まず、Liu らの理論で得られているさまざまな成分について実際にどの程度の大きさを有するものか計算を行い、境界条件としてどの成分までを考慮すべきか検討した。

摂動展開を取り入れた水平速度成分は次のように与えられている。

$$u^+ = \nabla \left[(\phi_0 + \beta \phi_{11} + \varepsilon \phi_{10}) e^{i(kx-t)} \right] + \left[u_0^{+r} + \beta u_{11}^{+r} + \varepsilon u_{10}^{+r} \right] e^{i(kx-t)} + \alpha u_{01}^+ + \dots,$$

ここで、上式で $z=-h$ の場合について各項の大きさを比較すると、 β や ε の値は極めて小さく、 ϕ_{11} 、 ϕ_{10} および u_{11} 、 u_{10} は省略することができる。そこで、 ϕ_{10} 、 u_0^{+r} を用いて底面上では

$$u^+ = (\nabla \phi_0 + u_0^{+r}) e^{i(kx-t)}$$

により境界条件を与えることとした。

計算は現在行っているが、現時点では不十分であるため、講演時に報告したい。