

II—65 津波を対象とした移動床計算法の開発

東北大学大学院 学生員 ○高橋智幸
東北大学工学部 正 員 今村文彦
東北大学工学部 正 員 首藤伸夫

1.はじめに

津波来襲時には、浅海域において、せん断力の増加により砂が移動し、海底の浸食あるいは堆積が起こる。この砂移動は歴史津波の物的証拠として取り上げられることもあり、また、極めて大きい浸食のため構造物の倒壊にいたることもある。これらの点から、砂移動を考慮したモデルが必要とされるが、津波は非定常性が強く、既存の流砂量公式がどの程度適用できるか不明である。本研究では、幾つかの代表的な式を用いて実際に計算を行ない、それらの適用性を検討する。

2.計算方法

流れの基礎式としては、浅水理論を用いた。また、1960年チリ津波による気仙沼湾での海底変動が実測されているため、スケールを気仙沼湾に合わせた様水深6mの2次元水路(図-1)を使用した。境界条件も、チリ津波の最大波を想定し、周期60分、波高2.88mの正弦波を水路の一端から入力した。もう一端は自由透過とした。

流砂量公式の多くは、次式で表わすことができる。

$$q_B = a \tau^m \quad (1)$$

ここで q_B :流砂量、 τ :底面せん断力、 a, m :

定数。 a と m は式によって異なるが、今回は、 $m=3$ のEinstein-Brownの式(以下E-Bの式)、 $m=2.5$ のBrownの式、 $m=1.5$ のMeyer Peter-müllerの式(以下M.P.Mの式)を用いた。

ところで、局所的な底面勾配は、流砂量に影響を与える。その効果は、渡部ら(1984)による次式の砂の連続式を用いることによって考慮できる。

$$\frac{\partial z_B}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left(q_B - \varepsilon_s |q_B| \frac{\partial z_B}{\partial x} \right) \quad (2)$$

ここで z_B :基準面からの底面高さ、係数 ε_s

は、田中ら(1989)にならい2.0とした。この式は、結果的に拡散項を含むことになる。

3.計算結果

3.1 底面勾配を考慮することによる効果

底面勾配を考慮すると、砂の連続式に拡散項が入り、計算結果を安定させる。Brownの式を用いた計算での底面形状を図-2に示す。拡散項を含んだ場合は安定に計算されるが、拡散項を含まない場合は発散している。この図は、拡散項を含んだ場合は1波後、拡散項を含まない場合は発散する直前のものである。どちらの場合でも堆積部に局所的な凹凸があるが、拡散項のない場合は、次の時間stepにその部分が発散してしまう。最終的な発散は、全水深が非常に小さく流速が比較的大きい場所で生じる。凸部から非現実的な大量の砂が凹部に移り、凹凸が逆転し、計算が発散している。

3.2 流砂量公式の比較

底面勾配の効果を考慮した3式の計算から、それぞれ次のような結果を得た。E-Bの式では発散し、

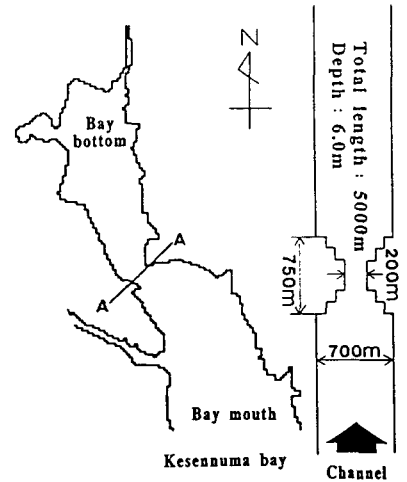


図-1. 気仙沼湾と水路の対応

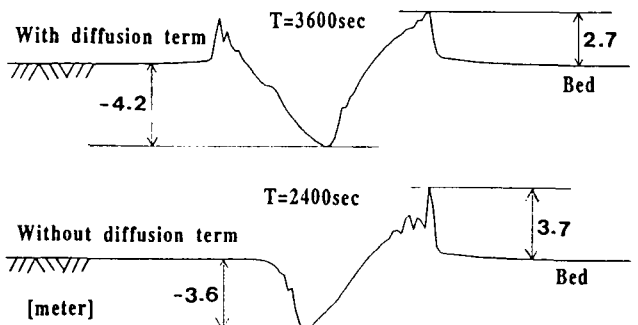


図-2. Brownの式を用いた計算による底面形状

Brownの式では良好な計算結果が得られ、M.P.Mの式では底面変化がほとんど見られなかった。図-3にE-Bの式が発散する直前までの各式による計算結果を1分毎に示す。また、図-4に、それぞれの流砂量公式および今回の計算でのShields数の範囲を示す。

(a) E-Bの式による計算結果

図-4から分かるように、E-Bの式は高いShields数での砂の移動量が大きい。したがって、せん断力の小さくなるところで大きく堆積し、全水深の小さい場所を生じさせる。この変化は時間的・地方的に急激に起こるため、次の時間stepにその場所でのせん断力が極めて大きくなり、発散してしまう。

(b) Brownの式による計算結果

この式を用いた計算での最大浸食深さは、狭窄部の4.2mであった。これと比較するために、チリ津波による気仙沼湾の狭窄部での底面変化を図-5に示す。狭窄部での最大浸食深さは約10mであるが、その場所は導流堤の足元であり、導流堤があったことの効果が相当に大きかったはずである。そこで、導流堤の直接的影響が小さかったと思われる領域(図-5の斜線部分)の平均浸食深さを求めると4mとなる。この値は、Brownの式で計算された最大浸食深さ4.2mと同オーダーである。

(c) M.P.Mの式による計算結果

図-4から分かるように、Shields数の小さいうちは、それぞれの式で移動させる砂の量に大きな差はない。しかし、M.P.Mの式は、Shields数が大きくなっても流砂量が小さいため、底面変化は 10^{-4} mのオーダーと無視できる程小さくなる。

4. おわりに

Brownの式が良好な結果を与えることが判明した。また、今回の計算では、底面勾配の影響を入れることにより局所的な凹凸の増大を緩和しているが、いずれにしても、計算不安定を抑えるためのせん断力や全水深の条件を明確にする必要がある。

現在の方法では、浮遊砂も掃流砂と同じ条件で停止させており、実際よりも堆積を大きく見積もっていると思われる。今後、これらの点についても更に検討が必要であろう。

参考文献

- 1) 渡辺・丸山・清水・榊山勉(1984)：構造物設置に伴う三次元海浜変形の数値予測モデル、第31回海講論文集、pp.406-410
- 2) 田中・吉竹・首藤(1989)：波・流れ共存場における低質分級の数値計算、第36回海講論文集、pp.264-268

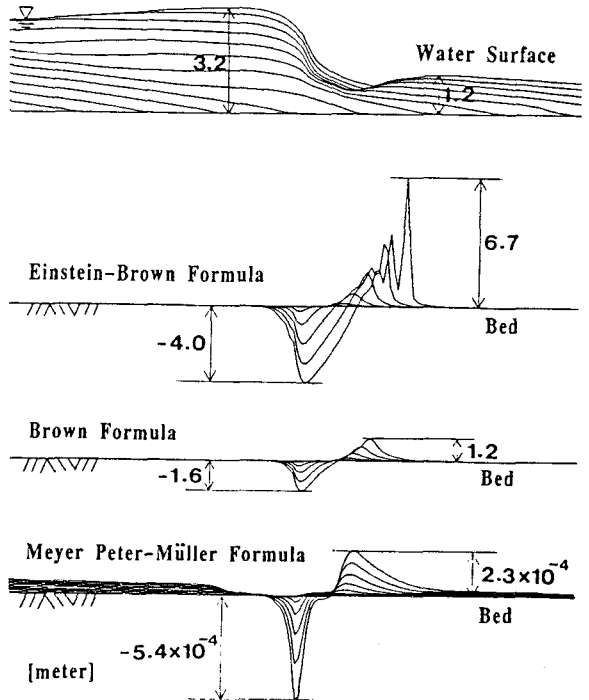


図-3. 各流砂量公式による計算結果

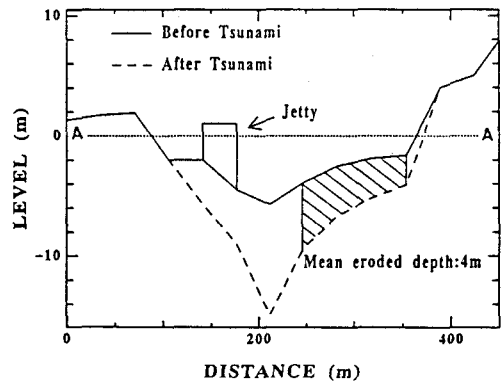


図-4. 海峡部の断面

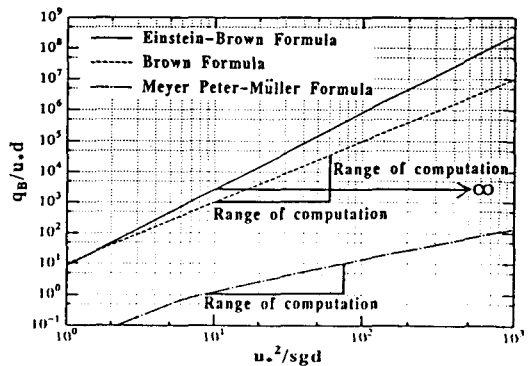


図-5. 流砂量公式と計算でのShields数の範囲