

II-151 混合砂河床の限界掃流力に関する研究

鳥取大学大学院 学生員 ○渡邊 征爾
鳥取大学工学部 正 員 道上 正規
愛媛大学工学部 正 員 鈴木 幸一

1. はじめに

混合砂河床における従来の流砂特性に関しては、河床粒度の粗粒化という現象をともなっているのが、非常に複雑なものとなっているが、従来提案されている混合砂河床における流砂量式においては、一様砂河床における流砂量式中の限界掃流力を粒径別に修正する形で評価している場合が多い。本研究ではこの粒径別の限界掃流力の考えをもとに提案されている芦田・道上の式を用いて、従来行われたSutherlandら¹⁾、Dayら²⁾、勝部ら³⁾、及び著者ら⁴⁾の実験結果に対するこの流砂量式の適合性を検討しながら、粒径別の限界掃流力の評価を試みた。なお、各実験において使用された砂の特性を表-1に示す。

表-1 各実験の砂の特性

	$d_{400}(mm)$	$d_{600}(mm)$	$d_{900}(mm)$	$\sigma = \sqrt{(d_{840}/d_{100})}$
Author	5.05	20.0	0.42	2.64
Katsube & Miyamoto	4.15	10.0	0.42	2.74
Sutherland	10.2~4.20	38.0	0.075	1.71 ~ 2.30
Day & White	1.75~2.80	9.52	0.125	3.00 ~ 4.20

2. 混合砂河床における限界掃流力

2.1 粒径別の限界掃流力 混合砂河床における粒径別の限界掃流力に関する式としてはEgiazaroffの式を修正した芦田・道上の式、

$$d_i/d_m > 0.4: \tau_{ci}/\tau_{cm} = (\log_{10} 19 / \log_{10} 19 (d_i/d_m))^2 (d_i/d_m) \dots (1)$$

$$d_i/d_m \leq 0.4: \tau_{ci}/\tau_{cm} = 0.85$$

ここに、 τ_{ci} は粒径 d_i の限界掃流力、 τ_{cm} は平均粒径 d_m の限界掃流力である。

があるが、ここでは、まず過去の実験結果を用いて(1)式の適合性について検討する。図-1は、一例として勝部らの実験結果を用いて、粒径別流砂量と掃流力について示したものであり、図中の実線は式(1)を用いた芦田・道上の粒径別流砂量式の理論曲線を示す。図より、 $d_i/d_m > 0.65$ 以上のデータを見ると、実験データは全体的に理論曲線よりも大きい値をとっている。このことは、(1)式で求めた τ_{ci} の評価に誤差があるためであると考えられる。そこで、各実験をもとにして粒径別の限界掃流力を求め、 τ_{ci}/τ_{cm} と d_i/d_m の関係を検討する。なお、限界掃流力は、便宜的に芦田・道上式が各実験結果と一致するように式中の限界掃流力を修正して求めたものである。図-2は、図-1に示した勝部らの実験結果に関して示したものである。また、図中に示しているのは(1)式の修正Egiazaroff式である。図を見ると、(1)式は図-1で指適した $d_i/d_m > 0.65$ の領域で限界掃流力を過大に評価していることがわかる。そこで、図より τ_{ci}/τ_{cm} と d_i/d_m の関係はlog-log座標上ではほぼ直線関係にあり、次式で表現できるものとする。

$$\tau_{ci}/\tau_{cm} = (d_i/d_m)^\alpha \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 α は直線の傾きを示しており、 $\alpha = 1$ の場合には $\tau_{ci} = \tau_{cm}$ となり、全粒径の限界掃流力が等しいことを意味する。つぎに、各実験結果に関して最小自乗法を用いて α の推定を試みた。表-2にその結果を示しているが、表より α は-0.9~-1.0の間でばらつきがあるものの、平均的には-0.95程度であることがわかる。

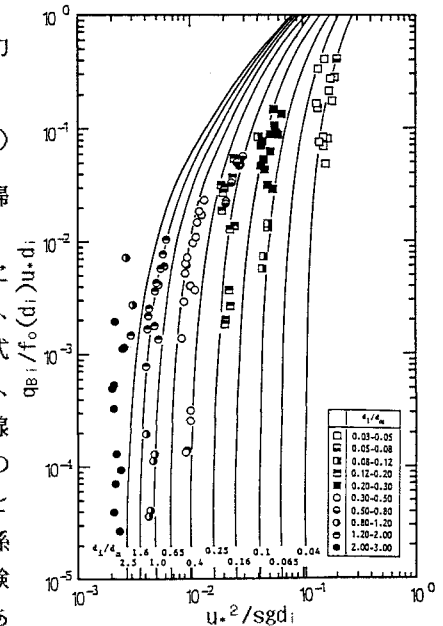


図-1 粒径別流砂量
(勝部・宮本の実験結果)

このことは、全粒径の限界掃流力の差異は小さいが、小さな粒径の方が大きな粒径よりもやや動きやすいことを意味している。

2.2 平均粒径の限界掃流力 粒径別の限界掃流力に関しては(2)式によって評価できることを示したが、(2)式は平均粒径の限界掃流力をもとにしたものである。この平均粒径の限界掃流力を検討する必要がある。図-1に示した理論曲線は、 $\tau_{*cm}=0.05$ で計算されたものであるが、図より、 $d_i/d_m=1$ のデータと理論曲線は一致しておらず、このことは、 τ_{*cm} が正しく評価できていないことを意味している。図-3は、 τ_{*cm} と τ_{*cm0}/τ_{*} の関係を示したものである。ここで τ_{*cm0} は一樣粒径に対する限界掃流力であり、ここでは、 $\tau_{*cm0}=0.05$ を用いている。これによるとばらつきはあるものの τ_{*cm0}/τ_{*} が0.5以上の領域では、 τ_{*cm0}/τ_{*} が大きくなるにつれて τ_{*cm} は小さくなっている傾向がみられる。この τ_{*cm} と τ_{*} との関係については今後さらに検討する必要があると思われるが、ここでは、便宜的に実験結果より $\tau_{*cm}=0.045$ とし粒径別の限界掃流力に対して(2)式を用いた理論式と図-1で示した実験結果を図-4に示す。図より、 $d_i/d_m>0.65$ 以上のデータにおいても実験結果が理論曲線上にきており、全体的に実験結果をよく表現している。このことから、粒径別の限界掃流力に関しては(2)式を用いることにより、芦田・道上の粒径別の流砂量式は適合性の高いものになるとと思われる。

3. おわりに

本研究では、従来行われた実験結果を用いて混合砂河床における粒径別の限界掃流力の評価を試み、式(2)によって τ_{*ci} と τ_{*cm} の相対的な関係は明らかになったが、 τ_{*ci} の絶対値を求めるためには τ_{*cm} を正しく評価する必要がある、今後この点に関するいっそうの検討が必要である。

参考文献 1)Sutherlandら:Journal of Hydraulic Research21, No.1,pp.33-43,1983. 2)Dayら:Gravel-bed rivers,published by John Wily & Sons Ltd,pp.181-223,1982. 3)勝部浩志:鳥取大学修士論文、1987. 4)渡邊征爾:鳥取大学卒業論文、1988.

表-2 各実験の α の値

		α
Author	Run-1	-0.994
	Run-2	-0.956
	Run-3	-0.951
Katsube & Miyamoto	Run-3	-0.928
	Run-4	-0.913
	Run-5	-0.900
Sutherland	Initial	-0.942
	Armour	-0.992
Day & White	Run-A	-0.968
	Run-B	-1.000
Average		-0.948

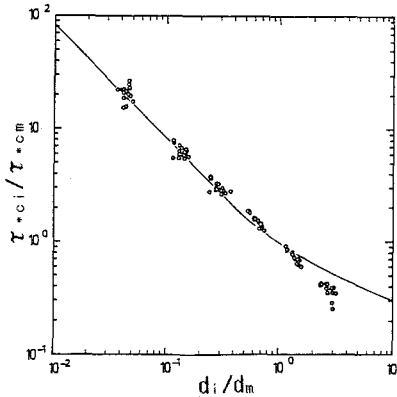


図-2 τ_{*ci}/τ_{*cm} と d_i/d_m の関係

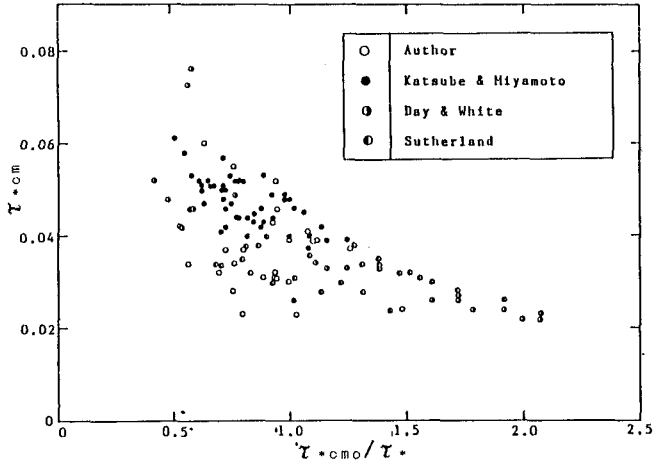


図-3 τ_{*cm} と τ_{*cm0}/τ_{*} の関係

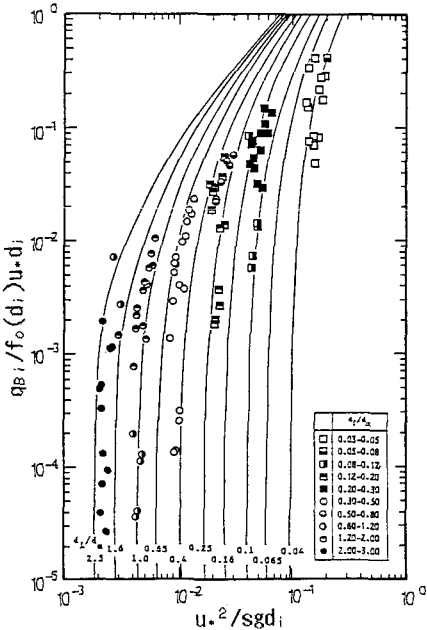


図-4 粒径別流砂量