

II-32

河道水衝部の局所流と洗掘に及ぼす 護岸勾配効果に関する実験的研究

秋田大学 鉱山学部 土木工学科 ○ 学生員 佐藤 義明

正 員 石井 千万太郎

1. はじめに 前報^{1) 2)}で垂直側壁前面の局所洗掘について報告しているが、本報告では、側壁を傾斜させ、その前面の水衝部の局所流とその洗掘過程の観測を行って垂直護岸と異なる機構を明らかにするとともに、局所洗掘孔の最大洗掘深と形状の測定を行い、護岸勾配効果について検討した結果を報告している。

2. 流れと局所洗掘の定義 流れの模式図を図-1に示す。噴流の衝突によって生じる壁面底部の局所洗掘孔の最大洗掘深 Z_s とその形状($L_s, B_s, B_{zs} \dots$)を壁面角 ϕ 、噴流流速 v 、噴流衝突角 θ 、噴流口距離 L 、噴流口幅 B をパラメータとして実験的に求め、その変化特性について検討している。この他にこの現象を支配する水理量として路床砂粒径 d 、噴流の水深 h をとり次式の関係を想定している。

$$Z_s/h, L_s/h, B_s/h, B_{zs}/h, \dots = F(\phi, N_s/N_{sc}, \theta, L/h_0, B/h_0) \dots (1)$$

ここに、 L_s :洗掘孔長、 B_s :洗掘孔幅、 B_{zs} :最大洗掘深点の

側壁からの距離、 h :噴流流出口での水深、 h_0 :側壁

がない場合の水深、 $N_s = v/\sqrt{sgd}$:sediment数、 v :

噴流流出口での流速、 s :路床砂の水中比重、 g :重

力加速度、 N_{sc} :移動限界sediment数

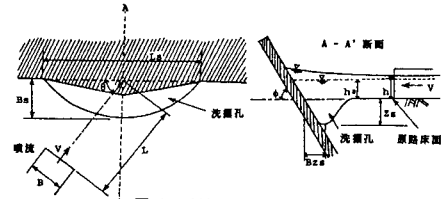


図-1 噴流の衝突による洗掘の模式図

実験は(1)式の無次元量をパラメータとして行った。

3. 実験結果 3-1.局所流の観察結果 噴流の流れを染料の注入で可視化して観測するとともに実験開始後の平坦床からの路床を観測した。噴流装置を出た流れは表層流とその下層の水衝点の渦流、水衝点の両側に流れる螺旋流、壁面に衝突せず左右に別れて螺旋流の末流と合流する底層流から構成されている。

動的洗掘の場合($N_s/N_{sc}=1.39$)の状況を図-2に模式的に示す。

①直角入射噴流で壁面角 ϕ を垂直(図-2.a)から傾けた場合(図-2.b)、傾斜壁面を這上がった後左右に分流する表層流の層が垂直壁面の場合より厚くなり、相対的にその下層の中心軸が壁面と路床面の境界上に位置している渦が小さく、螺旋流層は薄くなる。壁面沿いの表層流の増大の影響により螺旋流の流下速度は垂直壁面の場合より速くなり左右の長さが長くなる。②垂直壁面で噴流の入射角を傾けた場合(図-2.c)、水衝点の位置が側壁中央部から噴流装置側に移動した点に変わり、その水衝点の左右に分流する表層流、底層流の分流量が異なるようになり、これに対応して螺旋流は分流量の多い側に偏る。③傾斜壁面で噴流の入射角を傾けた場合(図-2.d)、静的洗掘の場合は②の場合同様に左右への分流量が異なるようになり、傾斜壁面を這上がった後流下してくる表層流はこれを加速している。動的洗掘の場合、傾斜壁面を這上がった表層流の流下による加速が強いため螺旋流が分流量の多く偏った一方へ向かうことになり、渦は形成されない。

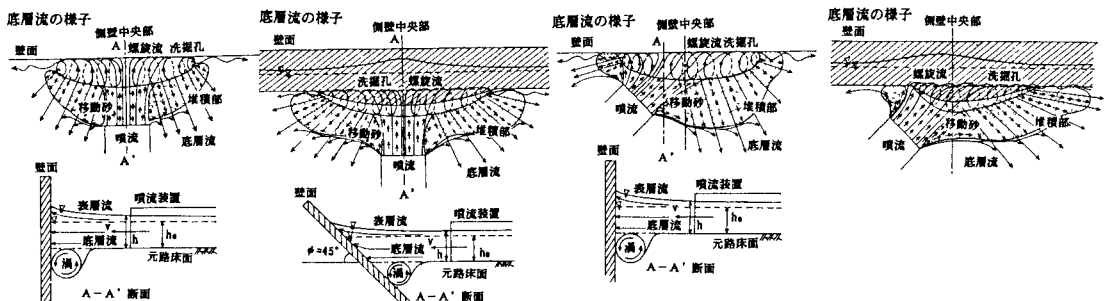


図-2.a 垂直側壁-直角入射噴流

図-2.b 傾斜側壁-直角入射噴流

図-2.c 垂直側壁-斜め入射噴流

図-2.d 傾斜側壁-斜め入射噴流

3-2.側壁傾斜角による最大洗掘深変化

図-3は噴流を壁面に直角に衝突させ、壁面勾配を垂直から減少させたときの最大洗掘深の変化を示したものである。図の Zs_{c90° は壁面が垂直の場合の最大洗掘深である。これによると壁面勾配の減少は、静的洗掘($Ns < 1$)、動的洗掘($Ns \geq 1$)の場合ともに最大洗掘深の減少効果を示す。これは、側壁を傾斜させたことにより壁面を這上った後左右に分流する表層流の層が厚くなり、相対的にその下層の渦と螺旋流が小さくなったためである。動的洗掘($Ns \geq 1$)の場合は壁面と移動床面の不連続部としての洗掘を生じるため Zs/Zs_{c90° はゼロとはならず0.1程度に漸近している。

$\Delta Ns/Nsc=0.92$ $L/h=5.00$ $B/h=3.33$
 $\circ Ns/Nsc=1.52$ 噴流入射角 $\theta=90^\circ$

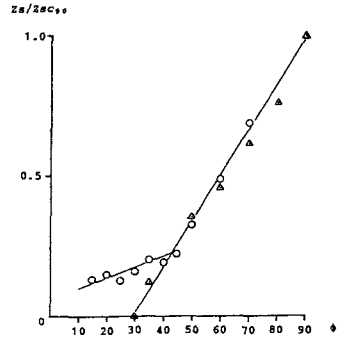


図-3 最大洗掘深に対する壁面傾斜角の効果

3-3.噴流入射角による最大洗掘深変化

図-4は垂直側壁と傾斜側壁のそれぞれの場合で、噴流の入射角を直角から減少させたときの最大洗掘深の変化を示したものである。 Ka は $(Zs/h)/(Zs/h)_{90^\circ}$ で、 $(Zs/h)_{90^\circ}$ は $\theta=90^\circ$ の Zs/h である。 Ns が小さい場合、噴流の入射角 θ が減少すると最大洗掘深 Zs が減少するが、 Ns が増加するにつれ減少の仕方が緩慢になり、ついには最大洗掘深が増大した後に減少する変化を示す。静的洗掘の場合は、噴流入射角が減少すると渦が小さくなり、分流量は一方に偏るものの螺旋流が形成されにくくなるため最大洗掘深は減少する。流れが速い動的洗掘の場合、分流量が偏って多くなることにより、螺旋流の強度集中をもたらす最大洗掘深の増加に至るものと考えられる。垂直壁面の場合と傾斜壁面の場合の結果を対比すると、いずれの Ns に対しても大きな数値を与えている。これは、傾斜壁面を這上った後流下してくる表面流が一方へ螺旋流の偏りを大きくする効果と考える。

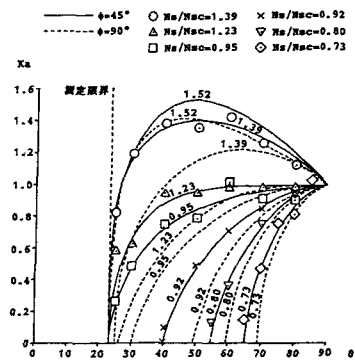


図-4 最大洗掘深に対する噴流入射角の影響

3-4.洗掘孔形状

図-5は噴流入射角 θ が 90° で動的洗掘($Ns/Nsc=1.39$)の場合の壁面傾斜角 ϕ の変化による洗掘孔の形状を示す。大まかではあるが、ほぼ相似形を保っているといえる。図-6は壁面傾斜角 $\phi=45^\circ$ で動的洗掘($Ns/Nsc=1.52$)と静的洗掘($Ns/Nsc=0.95$)の場合について噴流入射角 θ を変化させたときの洗掘孔形状の変化を示している。 $\phi=45^\circ$ では、静的洗掘の場合には相似形であるが、動的洗掘の場合には分流量が多い方向に偏った形状となる。これは、螺旋流の一方へ卓越していることと、この螺旋流による図-4の噴流の入射角を傾けたときの最大洗掘深の増加現象を裏付けるものである。

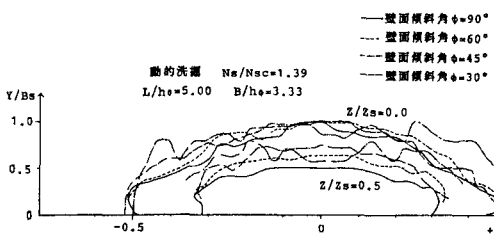


図-5 局所洗掘孔の形状に対する壁面勾配の効果

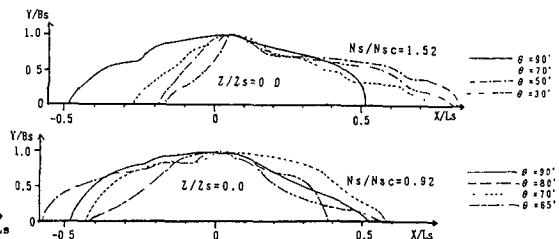


図-6 傾斜壁面の場合の局所洗掘孔の形状に対する噴流入射角の影響

4. おわりに

本研究によると、護岸勾配の減少は流れの入射角が直角の場合、水衝点の渦流の強度低下による洗掘深の減少効果があるが、入射角が減少すると護岸勾配の減少は一方の優勢な螺旋流をさらに強める働きをして洗掘深の増加効果を示す。今後、これらの流れを組み合わせた水衝部の局所洗掘機構のモデル化を行い、洗掘深の予測手法の確立が期待される。

<参考文献> 1)石井・浪岡・速水:噴流衝突による壁面底部の局所洗掘、土木学会東北支部技術研究発表会講演概要、平成二年度。 2)石井・畠山・肴倉:噴流の衝突による壁面底部の局所洗掘に関する実験的研究、土木学会東北支部技術研究発表会講演概要、平成元年度。