

河川仮締切工の局所洗掘特性と その数値計算への応用

THE CHARACTERISTIC OF LOCAL SCOUR AROUND THE CLOSURE WORKS AND THE APPLICATION TO THE BOTTOM CHANGE SIMULATION

大谷英夫¹・東江隆夫²
Hideo OHTANI and Takao TOUE

¹正会員 博(工) 大成建設株式会社 技術センター (〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1)

²正会員 MS 大成建設株式会社 技術センター (〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1)

River works are ordinary executed during dry season. But recently, there are not less works that the large double sheet piles closure work is set in the river all the year around. In this case, the closure works must be solid against the flow in the rainy season, and the protection works have to be designed considering not only the local scour depth but also the area of the degradation.

In this study, the scour characteristic around the closure works is investigated by hydraulic experiments. The scour depth is affected by the dimensionless sheer stress and the ratio of the closure width and water depth. As for the closure's shape of the angle to the flow direction, the scour depth is deeper in case of the 90 degrees, on the contrary the area of the degradation along the wall is larger in case of 45 degrees. It also develops that the vortex at the corner causes the local scour. So we suggest the new simulation method for the local scour, to which the vortex shear stress model is introduced. As a result, the good results are obtained, which represent the local scour as well as the river bed configuration.

Key Words : Local scour, River closure works, vortex, bottom change simulation,
Hydraulic model test

1. はじめに

河川工事は渇水期施工が一般的である。しかし、近年、二重締切工を用いた頑丈な仮締切工を通年にわたり設置する工事も少なくない。この場合、洪水期に仮締切工が健全であることが求められ、洗掘領域を正しく予測し、仮締切工の安定上必要な洗掘防止領域を設計しなければならない。しかし、洪水期の仮締切工周りの洗掘特性は、実施例が少ないことから今だ明確にはされておらず、その解明が望まれている。仮締切工は、橋脚や突堤と同様、流水に絶えずさらされ、構造物に沿った流速の空間的な勾配によって局所洗掘を伴う。洗掘の特性は、構造物形態が類似したアバットメントや突堤の局所洗掘現象と類似していると考えられ、上流端隅角部に最大局所洗掘深が発生することは容易に予測できる。アバットメントの局所洗掘深についてはBreusers and Raudkivi¹⁾によりオークランド大学グループの研究成果がまとめられている。最近では、村本ら²⁾によって突堤の最大洗掘深について

詳しいレビューが行われ、さらに実験結果から最大洗掘深の簡易予測式が提案されている。ただし、洗掘防止工を設計するためには、局所洗掘深のみならず面的な河床変動特性を把握することが重要で、河床変動数値シミュレーションの助けを借りなければならない。一方、局所洗掘の数値計算は、近年では、長田ら³⁾が橋脚の周りに発生する馬蹄形渦および局所洗掘を3次元計算により精密に再現した。しかし、仮締切工の配置や形状などを検討する施工計画においては、検討ケースが多数であり、また、検討内容には、施工区間への接近流速分布、流送土砂量、河床変動まで流下方向に広範囲な検討が必要である。このため、仮締切工の施工計画に使用される河床変動計算に局所洗掘まで考慮することは非常に困難で、移動床実験もしくは局所洗掘深の実験式により仮締切工の洗掘防止工の検討を行っている。したがって、実務において、面的に広範囲の河床変動と局所的な洗掘現象が同時に計算できることが強く望まれている。数多い局所洗掘深の研究成果と現在の河床変動計算の技術を融合す

表-1 実験条件

case No.	勾配 1/i	流量 Q (m ³ /s)	締切幅 W (m)	水路幅 B (m)	砂粒径 d (m)	水深 h_0 (m)	流速 V_0 (m/s)	摩擦速度 u_{*0} (m/s)	せん断力 τ_{*0}	フルード数 Fr	迎角 θ (°)	W/B	W/h_0	通水時間 min
1	2896	0.026	0.24	0.8	8.1E-05	0.101	0.321	0.018	0.26	0.32	90	0.3	2.4	183
2			0.16								90	0.2	1.6	132
3			0.08								90	0.1	0.8	142
4			0.24								45	0.3	2.4	291
5			0.16								45	0.2	1.6	225
6			0.08								45	0.1	0.8	123
7	4645	0.004	0.16	0.8	0.000081	0.036	0.145	0.008	0.26	0.25	90	0.2	4.4	84
8			0.08								45	0.1	2.2	123
9			0.16								90	0.2	4.4	122
10			0.08								45	0.1	2.2	184
11	2896	0.010	0.16	0.8	8.1E-05	0.055	0.230	0.013	0.14	0.31	90	0.2	2.9	99
12			0.08								90	0.1	1.5	296
13			0.16								45	0.2	2.9	143
14			0.08								45	0.1	1.5	220

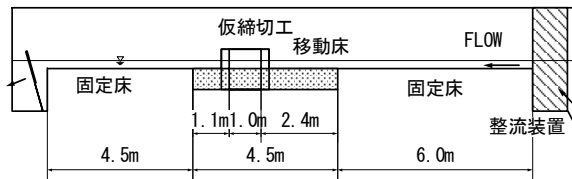


図-1 実験水路

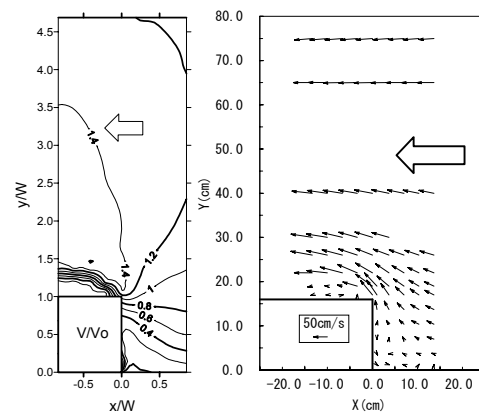
る、言い換えれば、ある河川構造物に対して洗掘の発生点、洗掘深など過去の実験的事実を現在の数値計算技術に取り入れることができれば、有効で現実的な手法であると考えられる。

本研究では、河川仮締切工を対象に、実験結果と河床変動計算の融合方法を提案する。まず、仮締切工の洗掘特性を調べる目的で水理模型実験を行う。次に、河床変動、局所洗掘の計算を行うために、実験の結果から局所洗掘の発生場所の特定、局所洗掘を引き起こす掃流力の定式化を行う。最後に、数値計算を実施し、計算方法の適用性を確認する。

2. 仮締切工の洗掘実験

(1) 実験方法

図-1に示す循環式可変勾配水路を用い、移動床を作成して模型実験を行った。移動床の上下流は同じ砂粒で粗度付けした。仮締切工はアクリル材で制作し、水路のガラス面を通じて矢板にそった洗掘状況を観察した。河床形状は、水路横断方向に1cmピッチで流下方向の計測線を設け、計測線上をレーザー距離計で連続的に計測した。実験ケースを表-1に示す。表-1に示す水理諸量すなわち水深 h_0 、流速 V_0 、摩擦速度 u_{*0} などは、事前に仮締切工がない状態で固定床実験を行い、等流条件で得られた値である。また、 $\tau_{*0} = \tau_0 / (\rho s g d)$ 、 ρ ：水の密度、 s ：水中比重(=1.65)、 d ：砂粒径、 u_* ：摩擦速度、 g ：重力加速度で添え字0は等流状態の値である。仮締切工の流れに対する迎角 θ は、90°と45°の2ケースとし、水路幅 B に対す



(a) 流速コンター (b) 流速ベクトル

図-2 流速分布 (case2, 計測高さ $z/h_0=0.13$)

る仮締切工幅 W の阻害率 W/B 、また、 W と水深 h_0 の比 W/h_0 を変えて実験ケースを設定した。粒径は、緩流河川に仮締切工を設置した状態を想定し、およそ相似性を満足する粒径として $d=0.081\text{mm}$ と設定した、なお、 $d=0.1\text{mm}$ から 0.2mm 以下の粒径はwash loadとしての取扱を指摘される場合があるが、研究者によりその粒径範囲は異なる。吉川⁴⁾によれば、 $d=0.081\text{mm}$ はwash loadの範囲外とする研究も示されている。また、 $d=0.081\text{mm}$ は土質分類上「砂」に相当し均一粒径であれば粘着力は小さい。本実験では、局所洗掘位置を除いて掃流砂・浮遊砂が卓越する流送形態を示すことを確認している。本実験の掃流力条件が小さいこと、砂を洗い細粒分を除去し粒径を均一化したことなどの理由により、wash loadの持つ粘着性に起因する初期移動および流送形態が示されなかったと考えられる。

(2) 実験結果および考察

a) 仮締切工隅角部の流れの状況

図-2は、case2における仮締切工で最大の局所洗掘が発達する上流側隅角部の流速の平面分布である。流速分布は固定床の条件で電磁流速計により取得した。等流時の断面平均流速 V_0 で規格化した。阻害率が0.2、底面近傍 ($z/h=0.13$) のケースを示したものであるが、仮締切



写真-1 移動床実験の状況 (case13)

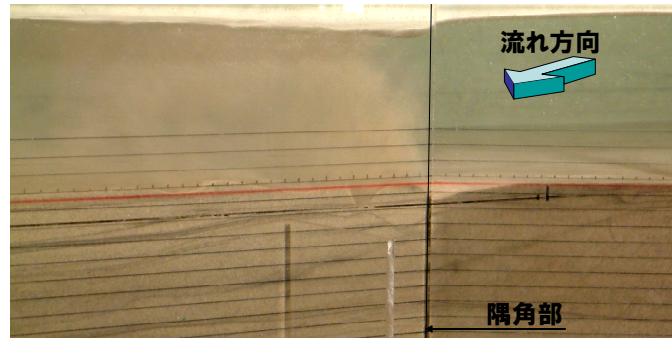
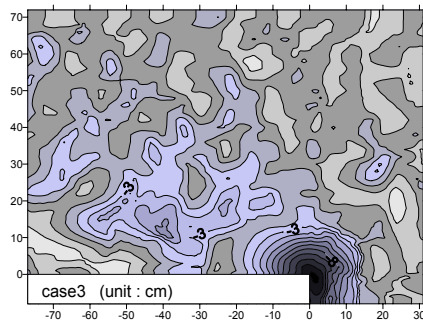
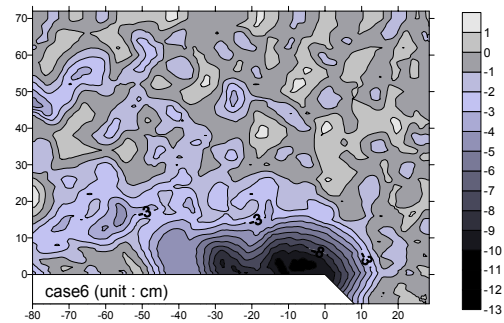


写真-2 隅角部で巻き上がる砂 (case5)



(a) case3



(b) case6

図-3 仮締切工周囲の最終河床形状

工が設置された狭窄部では流速が底面近傍であるにも関わらず接近流速の1.4倍となり、断面平均流速としての概算値 $V/V_0 > 1.25$ ($=1/(1-0.2)$) 以上となった (図-2(a))。この理由としては、仮締切工近傍の流れの加速による水位低下、さらに、圧力勾配 (水面勾配) の増大、流速の鉛直方向分布の一様化による底面近傍の流速の増大などが考えられる。仮締切工の隅角部では、強い剥離渦が生じている、図-2(b)では隅角部下流に反流域が示されているが、ここでいう剥離渦は同図ベクトルには現わすことができない程、渦径が小さい。

b) 洗掘現象

写真-1は、 $\theta=45^\circ$ の実験状況である。写真-2は、写真-1に示されているように仮締切工内部から隅角部近傍を撮影したものである。通水初期、仮締切工の上流端隅角部では、写真-2に示すように剥離渦が、砂を激しく巻き上げ、局所洗掘を発生・発達させる。洗掘孔の隅角部上流側では、砂の水中安息角を上回る砂面勾配で洗掘孔壁面は崩壊し拡大する。一方、隅角部下流側では、砂粒の洗掘孔壁上での転動上昇、渦による連行・浮遊が確認された。また、洗掘孔壁面の崩壊によって生じた砂塊の連行現象も観察された。洗掘孔が発達するに伴い洗掘発達速度が低下し、洗掘深が平衡状態となる。これは、洗掘孔の崩壊による埋戻しと、水深増大に伴い孔内の砂粒の巻き上げ力も含めた掃流力が低減し洗掘孔から砂の排出が困難になった結果である。洗掘孔の斜面勾配は、時間的にほぼ一定で平均 32° 程度であった。

図-3に仮締切工周囲の最終河床形状の例を示す。仮締切工の隅角部で最大洗掘深が形成され、その点を出発点

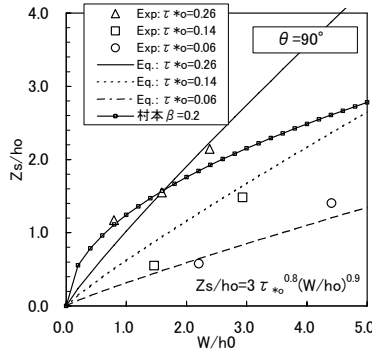
とし滞筋とも言うべき河床低下領域が河川中央方向に広がる。河床 $\theta=90^\circ$ のケースは、隅角部を中心とした円状の洗掘孔が形成される。一方、 $\theta=45^\circ$ の洗掘領域は隅角部から下流に伸びた形状となり、その長さは $\theta=90^\circ$ に比べて長い (図-3(b))。 $\theta=45^\circ$ では剥離点が $\theta=90^\circ$ に比べて下流にあるため、剥離後の流れが仮締切工に沿う方向の成分が増えるためと考えられる。流速勾配を小さくするために工夫された迎角 $\theta=45^\circ$ の仮締切工は、周辺への影響は小さくなるが、局所洗掘にとって有利とは一概に言えない。図-4に最大洗掘深 z_s を示す。縮流の効果から、 z_s は仮締切工の障害率 W/B の影響が大きいと考えられるが、実験条件の範囲すなわち $W/B \leq 0.3$ では小さく、洗掘深と顕著な相関は見られなかった。一方で、等流時の無次元掃流力 τ_{*0} 、仮締切工幅水深比 W/h_0 との相関が高く、重回帰分析により実験式、

$$\frac{z_s}{h_0} = 3\tau_{*0}^{0.8} (W/h_0)^{0.9} \quad : \theta=90^\circ \quad (1)$$

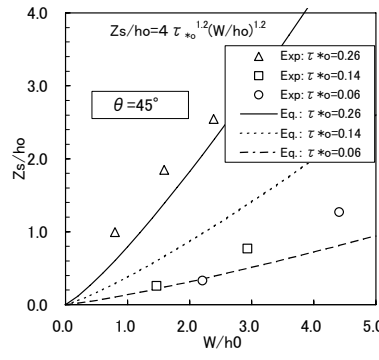
$$\frac{z_s}{h_0} = 4\tau_{*0}^{1.2} (W/h_0)^{1.2} \quad : \theta=45^\circ \quad (2)$$

で表すことが出来た。なお、 W が非常に大きい領域を考えた場合、 z_s との相関は小さくなるのが直感的に理解でき、本実験の W/h_0 の範囲を適用条件とする。 z_s は、 τ_{*0} が大きい $\tau_{*0} = 0.26$ のケースの一部を除いて $\theta=45^\circ$ に比べ深い。この範囲では局所洗掘の原因である剥離渦の強さが $\theta=90^\circ$ の方が大きいためであると考えられるが、 τ_{*0} が大きくさらに W も大きい条件となると、 z_s に関する両者の差は縮まり逆転した。

図-4(a)には村本ら²⁾の提案式 (接近流速が移動限界



(a) $\theta=90^\circ$



(b) $\theta=45^\circ$

図-4 仮締切工の最終洗掘深

流速に近い場合) も併示した。村本らによる局所洗掘深は従来の多くの提案式のほぼ中間を示す。本研究の提案式に比べ大きい値を示すことが分かる。その理由として村本らは突堤を対象としており、本研究で対象とする流下方向に長い仮締切工と比べ、突堤は流下方向の長さが短く水深や流速の空間勾配が大きいことがその一因であることが考えられる。また、洗掘孔の範囲に関する指標として流下方向の洗掘孔の長さを定義する。 $\theta=90^\circ$ のケースは砂の水中安息角と洗掘深から洗掘孔のスケールが推測されるが、 $\theta=45^\circ$ のケースでは流下方向に長い形状の洗掘領域となったことから洗掘領域の長さ L を調べた(図-5)。これも τ_{*0} 、 W/h_0 でまとめられ、式(3)を得た。

$$\frac{L}{h_0} = 12.6 \tau_{*0}^{0.64} (W/h_0)^{0.36} \quad (3)$$

3. 仮締切工の局所洗掘計算

(1) 理論的考察

局所洗掘に関する実験結果を従来の河床変動解析に取り入れるため、まず、掃流力に関する理論的な考察を行う。掃流砂量は局所的な渦を含めたトータル掃流力 τ_t で計算され、このトータル掃流力 τ_t は、流れの計算モデルによって直接算定される掃流力 τ_b と局所的な渦によりもたらされる付加掃流力 τ_v に分解されると考える。局所流速 $\mathbf{u}$ が、

$$\mathbf{u} = \bar{\mathbf{u}} + \mathbf{u}' \quad (4)$$

のように、平均流成分 $\bar{\mathbf{u}}$ とそれに付加される乱流成分 $\mathbf{u}'$ からなると考えると、付加掃流力は摩擦係数 c_f を用いて、

$$\begin{aligned} \tau_t &= \rho c_f |\bar{\mathbf{u}}|^2 = \rho c_f \left[\bar{u}^2 + \bar{u}'^2 + 2\bar{u}u' \cos \phi \right] \\ &= \rho c_f \left[\bar{u}^2 + \bar{u}'^2 \right] = |\tau_b| + |\tau_v| \end{aligned} \quad (5)$$

で表される。 ϕ は $\bar{u}$ 成分 $\bar{u}$ と $\bar{u}'$ 成分の交差角である。すなわち、渦による付加掃流力 τ_v は、LESにおけるサブグリッドReynolds応力に類似の項であって、流れの計算モデルでは扱われていない3次元的な場の構造、すなわち、渦の存在がサブモデルにより評価される枠組みを導入す

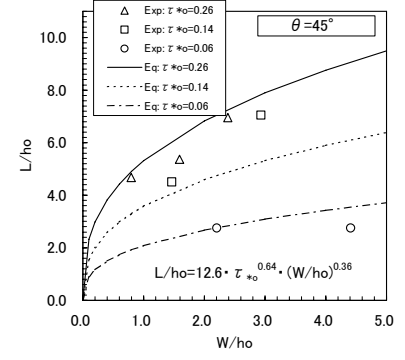


図-5 $\theta=45^\circ$ ケースの矢板に沿う洗掘領域の長さ

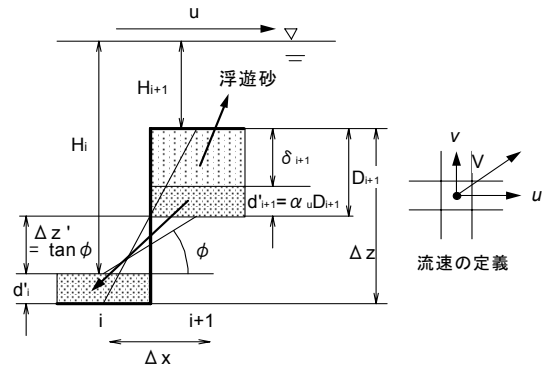


図-6 斜面崩壊モデル

る。

(2) 計算方法

流れの計算は、非線形浅水方程式による平面2次元(Delft3DFlow⁵)とし、地形変動計算は、Delft3d3DMorphology⁶をベースとした。浮遊砂の輸送方程式は、

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial UC}{\partial x} + \frac{\partial VC}{\partial y} + D = \frac{\partial}{\partial x} (\varepsilon_{s,x}) \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} (\varepsilon_{s,y}) \frac{\partial C}{\partial y} + E \quad (6)$$

であり、 C ：水深平均された浮遊砂濃度、 $\varepsilon_{s,x}$ 、 $\varepsilon_{s,y}$ ：水深平均された砂粒の拡散係数である。 E はエロージョンレート、 D はデポジットレートで、浮遊砂濃度(D は平衡浮遊砂濃度)と沈降速度の積を浮遊砂鉛直濃度分布に対する無次元特性時間と水深で除した式形で表されている。拡散係数は、水平渦動粘性($=\kappa u_* h/6$)と同値とした。掃流砂量式には、芦田・道上式⁷)を用いた。剥離渦の発生位置では、その適用性について課題が残されるが、後述するように実験結果による渦の掃流力に関するチューニングを併用させ使用することとした。洗掘孔の地形変化に関する観察から、斜面崩壊モデルを永瀬ら⁸)の計算方法を参考に次のように定義した(図-6)。隣り合ったすべてのポイントに対して安息角 ϕ 以上であるかどうかチェックし、安息角以上の斜面勾配の場合は、安息角になるまでの厚さ d' が崩れるとした。このとき、洗掘孔最深部より下流側で渦により浮遊砂として飛散する分 δ を考慮し、地形変化分 D のうち α 分が d' として崩れ、

(1- α)が δ となるようにモデル化した． x 方向に隣り合うセルの場合で説明する． $\Delta z/\Delta x > \tan\phi$ の場合，崩壊する砂層の厚さ d' は，

$$d'_i = \frac{\alpha A_{i+1}}{A_i + \alpha A_{i+1}} (\Delta z - \Delta x \cdot \tan\phi) \quad (7a)$$

$$d'_{i+1} = \frac{\alpha A_i}{A_i + \alpha A_{i+1}} (\Delta z - \Delta x \cdot \tan\phi) \quad (7b)$$

である． A_i ：セルの面積である． α は洗掘孔最深部より上流側では $\alpha=1$ ，下流側では例えば x (u 成分) 方向のセルの比較では

$$\alpha_u = (V^2 - u^2)/V^2 \quad (8)$$

のように定義した．この操作を隣り合うすべてのセルに対して行った．渦の掃流力に関するサブモデルは，辻本⁹⁾が橋脚前面の渦の掃流力を非擾乱域の掃流力と結びつけたのにならい，渦の掃流力を定式化し，渦が発生する位置に相当するグリッド (Extra-point) に適用するものとする．すなわち，斜面崩壊がない洗掘初期では，洗

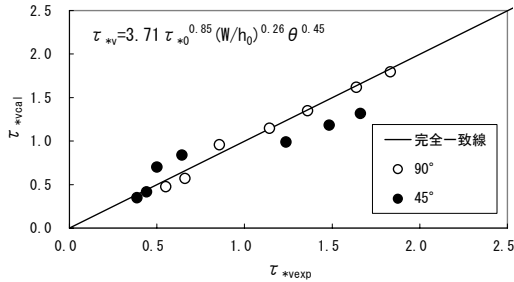


図-7 τ_{*V} の実験式と実験結果の比較

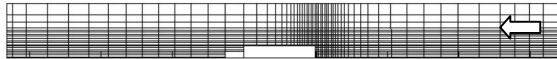


図-8 計算グリッド

掘深は時間に対して線形に変化するので，最小自乗法で pick-up rate を求めることができ，例えば中川・辻本¹⁰⁾の pick-up rate 式を介して渦掃流力 τ_{*V} の算定が可能である．ここでは上述した数値計算モデルによって算出した地形の時間変化が通水初期の実験にあうよう渦の掃流力 τ_{*V} を逆算し，

$$\tau_{*V} = 3.71 \tau_{*0}^{0.85} (W/h_0)^{0.26} \theta^{0.45} \quad (9)$$

を得た．ただし，式(9)における迎角 θ はラジアン単位を用いる．図-7は式(9)により計算された $\tau_{*V \text{ cal}}$ と個々に求めた結果 $\tau_{*V \text{ exp}}$ を比較したもので，式(9)は $\tau_{*V \text{ exp}}$ をよく表している．洗掘に寄与する渦が洗掘深の発達とともに減衰する効果は，水深の増大に比例すると仮定し，

$$a_{cw} = \left(\frac{h_0}{h}\right) \cdot a_c = \left(\frac{h_0}{h}\right) \cdot |\tau_{*V}|/|\tau_{*0}| \quad (10)$$

とした．ただし， h_0 ：洗掘前の河床からの水深， h ：洗掘深を含めた全水深， a_c ：式(9)で得られた τ_{*V} と τ_{*0} の比である．なお， τ_{*0} は計算の中で仮締切工の影響のない位置の掃流力を参照し，その参照位置を Reference-Point とする．計算グリッドについては，格子数が流下方向60，横断方向20で，図-8に示すように仮締切工隅角部で細密になるよう設定した．ちなみに，隅角部における最小グリッド幅は約2.5cm，仮締切工の幅は6つのグリッドで表現した．計算時間間隔は $\Delta t=0.06$ (s)である．Extra-pointは実験の観察から仮締切工の上流側隅角部の2つのセルで，Reference-Pointは，下流端から4つ上流側のセルの τ を採用した．境界条件は，上流側で流量境界，下流側で水位境界とした．上流から補給される流砂量はゼロとした．

(3) 計算結果および考察

図-9に計算結果を示す．Scour OFFは従来の河床変動計算法，Scour ONは付加掃流力を加えた提案する計算方

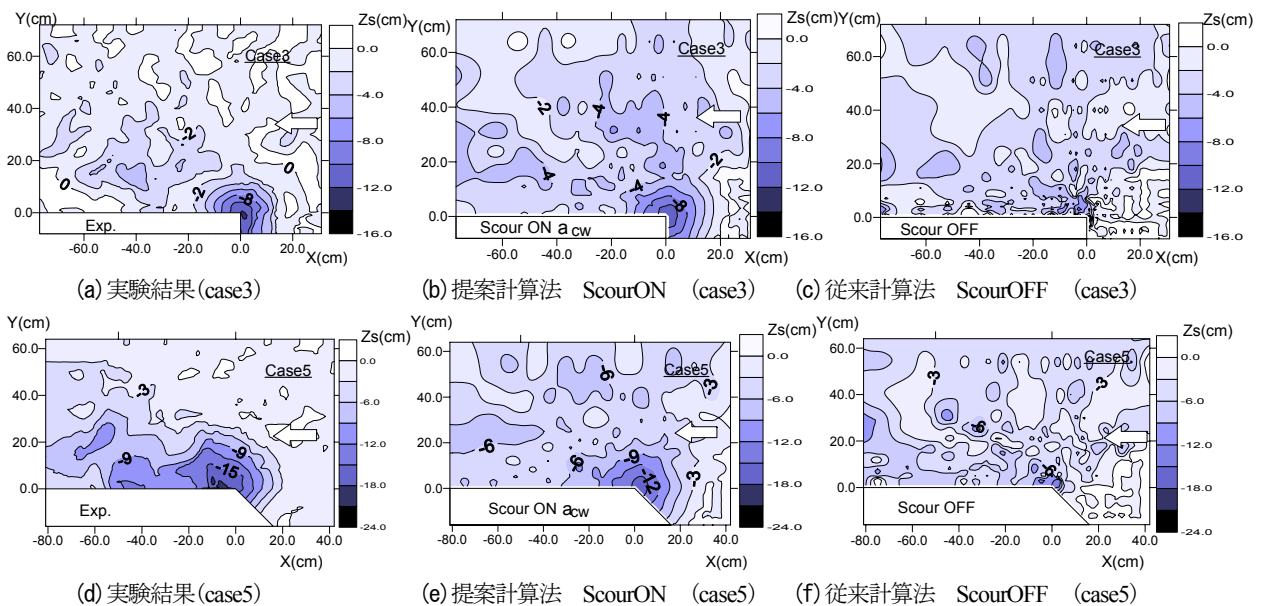
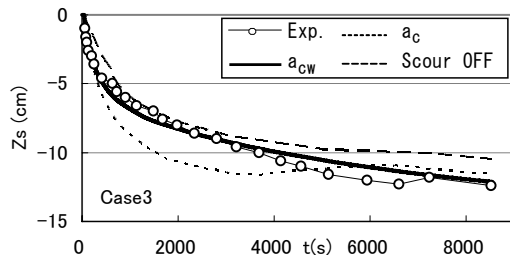
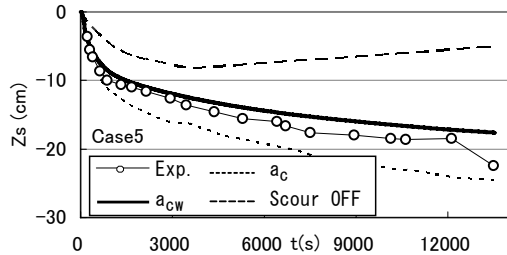


図-9 計算結果



(a) case3



(b) case5

図-10 仮締切工隅角部の洗掘深の時間変化

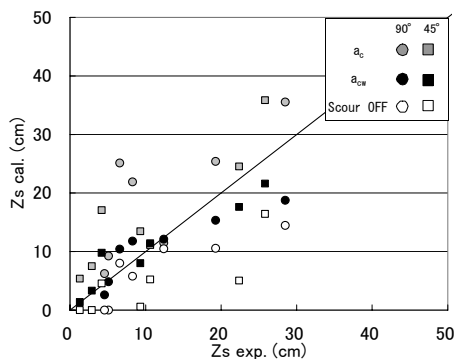


図-11 最終洗掘深の実験と計算の比較

法を示す。従来計算法では仮締切工隅角部の局所洗掘孔が過小評価されているのに対し、提案する局所洗掘モデルの洗掘孔の再現は良好である。迎角が45°のケースでは、主たる隅角部の洗掘孔についてはほぼ実験結果を再現したと考えられるが、その形状が下流側に拡大する現象が再現されていない。流れの再現性にも起因すると考えられるが、今後の課題とする。図-10は、仮締切工隅角部のセルにおける洗掘深の時間変化である。提案するモデル (a_{cw}) は、洗掘過程の再現も良好である、渦の減衰を考慮せずとも洗掘初期の τ_{*v} での計算 (a_c) で、図-10(a) (b) とも洗掘深の平衡状態に向かう過程が計算されている。これは、洗掘孔の斜面崩壊モデルの効果である。しかし、(a_c) では洗掘深が過大評価となることから、実験との一致度の高い渦の減衰に関するモデル (a_{cw}) が必要であることが分かる。図-10(a) case3においては、洗掘孔を再現できなかった従来計算法 (Scour OFF) でも、洗掘深の発達過程についてはよく再現している結果となっているが、渦掃流力がより大きい条件である図-10(b) case5では過小評価になってしまう。図-11は図-10の他のケースも含めた最終洗掘深の実験と計算の比較である。90°と45°では、 z_s の計算結果のばらつき

は大局的に見て大きく違わない。洗掘深が大きいケースでは、渦の減衰が過大となる傾向がみられるものの、全体的な一致度は良いとみなされる。

4. 終わりに

水理模型実験により河川仮締切工の洗掘特性を調べ、仮締切工の最終洗掘深などの実験式を提案した。最終洗掘深は、無次元掃流力と仮締切工幅水深比で表されることが、 $\tau_{*0} = 0.26$ のケースの一部を除いて最大洗掘深は迎角90°の形状の方が発達する傾向にあるが、河床低下領域は45°の方が広域であることが明らかになった。また、仮締切工隅角部で発生する剥離渦の掃流力を、平面2次元河床変動解析に取り入れた結果、局所洗掘も含めた河床変動計算結果が実験結果を良く表した。この計算方法は、洗掘過程のデータを持つ他の構造物に対しても適用でき、河床変動解析の精度が向上し、検討の効率化が促進されると考えられる。今後は、現地計測結果を使用し、計算方法の信頼度を確認して行きたい。

謝辞：本研究のモデリングに関して、京都大学工学研究科都市環境工学専攻後藤仁志助教授、Delft水理研究所 Dr.J.A.Roelvinkに適切な助言を頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Breusers, H.N.C and Raudkivi, A.J.: SCOURING, IAHR Hydraulic Structures Design Manual, Hydraulic Design Considerations, A.A.BALKEMA, pp.55-59, 1991.
- 2) 村本嘉雄, Md.Munsur RAHMAN: 突堤状河川構造物周辺における最大洗掘深の簡易予測法, 土木学会論文集, No.642/II-50, pp.31-44, 2000.
- 3) 長田信寿, 細田尚, 中藤達昭, 村本嘉雄: 円柱周りの流れと局所洗掘現象の3次元数値解析, 水工学論文集, 第45巻, pp.427-432, 2001.
- 4) 吉川英夫: 流砂の水理学, 丸善, 543p, 1985
- 5) Delft3D -FLOW User Manual: WL | Delft Hydraulics, pp.B28-B70, 2003.
- 6) Delft3D-MORuser manual : WL | Delft Hydraulics, Version 3.10. WL | Delft Hydraulics, The Netherlands. 2003
- 7) 芦田和男, 道上正規: 移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, 第206号, pp.59-69, 1972.
- 8) 永瀬恭一, 道上正規, 檜谷治: 狭窄部を持つ山地河川の河床変動計算, 水工学論文集, 第40巻, pp.887-892, 1996
- 9) 辻本哲郎, 水上敏昭: 円柱橋脚前面での局所洗掘機構のモデル化, 第29回水理講演会論文集, pp.591-596, 1985
- 10) 中川博次, 辻本哲郎: 水流による砂れきの移動機構に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, 第244号, pp.71-80, 1975.

(2005.9.30受付)