3次元数値解析を用いた突堤周辺流れの流況計算

学生員	梶川	勇樹
正会員	松原	雄平
正会員	檜谷	治
	学生員 正会員 正会員	学生員 梶川 正会員 松原 正会員 檜谷

1.はじめに

河川構造物周辺などの流れ急変部では,局所流の発生により局所洗掘が生じる.局所洗掘現象は直接的に構造物の安定性に関わってくるため,防災上非常に重要な問題である.この問題を数値解析により予測するには,局所流が再現できる実用的な3次元流れの数値解析法が必要となる.そこで,本研究ではバングラデシュ国・メグナ川においてメグナ橋直上流左岸の突堤近傍で発生している局所洗掘現象に注目し,その原因究明のため,まずモデル河川に対して著者らが提案している3次元数値解析法¹⁾を適用し,その流れ構造の解明を目的とする.

2.メグナ橋直上流における局所洗掘の概要

図-1 にメグナ橋直上流左岸における突堤周辺の河床コ ンターを示す²⁾ .突堤は左岸より約 40m 突き出しており, さらにそこから約 15°の傾斜を持って護岸が設置されて いる.局所洗掘は突堤先端部より下流側へ約 140m,河川 右岸方向へ約 110m 離れた位置で発生しており,現在そ の原因の解明,対策が検討されている.

3.数値解析法および計算条件

本計算法 ¹⁾では,レイノルズ応力の評価に渦動粘性係 数の概念を取り入れた 0-方程式モデルを採用している. また,座標系にはデカルト座標系を採用し,複雑境界形 状でも滑らかに境界条件を課すことのできる FAVOR 法 ³⁾を基礎式に導入している.FAVOR 法では複雑境界上の 流れにおいて,格子中に流体部分と境界部分とが混在す ると考え,任意の格子で流体の占める体積率を V[S],*i* 方向に垂直な断面で占める面積率を $A_{(i)}[L_{(i)}]$ と定義する. 基礎式として(1)に連続式,(2)に運動方程式,(3)に2次元 連続式を示す.ここに, u_i は*i*方向の速度成分, (*i*)は渦 動粘性係数,pは圧力,hは水深を表しており,上付横線 は断面平均量を示している.これらの式を,従来より常 射流混在場で比較的よく用いられている MacCormack 法 により離散化し計算を行なう.

図-2 にモデル化した計算領域を示す 図中の斜線部は, 傾斜角 15°の護岸を表している.ここで,現地における突 堤設置部の川幅は約 800m であるが,本計算では計算時 間短縮のため,右岸の影響がほぼ無いと考えられる 300m を川幅とした.計算条件として河床勾配 I=1/50,000,流量 $Q=3,750m^3/sec$,下流端水深 ht=10m,およびマニングの粗 度係数 n=0.03 とした 離散間隔は $\Delta t=0.01sec \Delta x=\Delta y=2.0m$, $\Delta z=0.5m$ とし,初期条件として平面 2 次元モデルによる 60 分後の計算結果(水深,流速)を与えた.

4.計算結果と考察

計算結果として図-3 に計算開始から 5 分後,および 6 分後における水深平均の平面流速ベクトル図を示す.ま

キーワード 突堤,数値解析,FAVOR法,3次元流れ,水平渦,鉛直渦 連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4-101 Tel 0857-31-5284 Fax 0857-28-7899



300m

400m

計算領域

図-2



た図-4,図-5に、5分後における縦断,および横断方向の流速ベクトル図をそれぞれ示す.まず図-3より,突堤先端部から小規模な水平渦群が形成されていることが分かる.その渦群は流下に伴って合体し,大規模渦へと発達している. そして,大規模渦は流下しながら徐々に規模を小さくし,上流端より約350m付近で消滅している.これらの渦は周期的に発生し,突堤先端部より発生する小規模渦群の周期は約40秒,大規模渦への発達は約120秒であった.実際,現地においても突堤先端部から反時計回りの渦が発生していることが確認されており²⁾,計算結果はその流況を再現できているものと考えられる次に図-4から左岸より80m地点において,傾斜に沿って流下してきた流れにより140m~180m付近の底面流速が発達していることが分かる.そして,その影響を維持したまま右岸方向へと流下しており,これが初期の局所洗掘の要因になっているものと考えられる.また,図-4,図-5より,水平渦内部では左岸から右岸へと向かう鉛直渦が発達し,非常に複雑な流れ場が発生していることが分かる.以上の結果より,流況の模式図を図-6に示す.破線は底面での流向を表している.また,図-7に時間平均による底面せん断力コンターを示す.図より,洗掘は突堤先端部より下流側約50m付近から発生し,洗掘の進行に伴って徐々に下流方向へ伸びていくものと考えられる.

5.おわりに

本研究では,バングラデシュ国・メグナ川のメグナ橋直上流で発生している局所洗掘を対象とし,その原因解明のため,モデル河川に対し3次元数値解析を用いてその流況計算を行なった.それにより,突堤先端部より大規模な水平渦が周期的に形成され,その渦の影響によって洗掘が発生している可能性があることが分かった.

参考文献: 1)Y.Kajikawa et al.: 3-Dimensional Numerical Simulation of High Velocity Flow in a Sinuous Open Channel, XXX IAHR Congress, 2003.2)国際協力事業団:メグナ橋護岸改修計画基本設計調査報告書, 1998.3)C.W.Hirt: Volume-fraction techniques: Powerful tools for wind engineering, Journal of Wind Engineering No.52, pp.333-334, 1992.