

カンボジア王国におけるメコン川の流動特性及び浸食傾向の把握

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 遠藤拓郎

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学 犬飼直之

1. 序論

メコン川¹⁾は、チベット高原の源流から南シナ海へと流れる河川で、全長は約 4,800km、流域面積は約 795,000km²、乾季と雨季の水位変動などにより、河岸浸食が激しいのが特徴である。特に、メコン川流域内のカンボジア王国の首都プノンペンから、北に約 30 kmに位置するガンダール州北部では、河岸浸食による斜面崩壊が起き、周辺の建造物や国道に危険が及ぶといった被害(図-1)が発生しており、早急な対策が必要とされている。また、斜面崩壊現場の付近では、川砂の無秩序な浚渫が頻繁に行われており、斜面崩壊増加の原因の一つとして問題視されている。既往研究²⁾では、これらの斜面崩壊現場付近の流況解析が既に行われているが、確認されている被害現場以外にも危険な箇所が存在する可能性は高いと考えられる。これらを踏まえ、本研究では、カンボジア国内のメコン川において、河岸浸食の危険性が高い場所の特定および対策案の検討と、土砂が堆積しやすい場所および計画的な浚渫案の検討を目的とし、現地にて ADCP を用いて計測したデータ及び、数値シミュレーションから、流域の地形と、流れの状態、浸食・堆積傾向を把握した。



図-1 斜面崩壊現場の被害状況

2. カンボジア国内のメコン川の現地調査

現地調査は河床材料調査と測量調査を行った。河床材料調査は 2008 年に行われ、メコン川の河床の土砂は中央粒径が 0.3mm 程度の軟質の砂質土砂であることが判明した。この結果から、水中安息角を検討した。土質と安息角の関係(表-1)から、メコン川の斜面の水中での安息角は、1 : 3 から 1 : 2 (18 度から 26 度)程度の範囲とされている³⁾。さらに、土砂の平均粒径と水中での安息角の関係を表す Gibson の式⁴⁾を用いて複数のケースで計算を行った結果、安息角は約 23 度から約 34 度の範囲であった。以上の結果から、水中安息角は 18 度程度と決定した。また、河川における土砂の粒径と、土砂が浸食または堆積する際の流速との関係を示す Hjulstrom's Curve⁵⁾(図-2)より、メコン川では流速が 0.2m/s 以上で河床は浸食傾向、0.02m/s 以下で堆積傾向になると考えられる。

測量調査は 2019 年の乾季に行われた。ADCP を船に搭載し、現場周辺を船で平面的に移動しながら 2~3 秒間隔で河床に超音波を発信し、高度と流速および GPS で緯度経度情報を測定した。その結果、斜面崩壊現場では共通して、現場側の河岸のすぐ近くで最大水深となる事、現場側の河岸付近の斜面勾配が安息角を超えている事、現場側の河岸近くの流速が浸食傾向となるほど大きい事の 3 つの問題点があることが判明した。そこで、より下流から、これらの要素を満たす、斜面崩壊の危険性が高い 3 箇所を抽出し、上流から A, B, C とした(図-3)。図-3 に示した測点は 2017 年に同様の手法で計測されたものである。この抽出した 3 箇所付近を中心に流況解析を行った。

表-1 水中での一般的な安息角

土質		概要	傾斜勾配
分類	状態		
粘土質土砂	軟泥	N 値 4 未満程度	1:3.0~5.0 (11~18 度)
	軟質	N 値 4~8 程度	1:2.0~3.0 (18~26 度)
	中質	N 値 8~20 程度	1:1.5~2.0 (26~33 度)
	硬質	N 値 20~40 程度	1:1.0~1.5 (33~45 度)
砂質土砂	軟質	N 値 10 未満程度	1:2.0~3.0 (18~26 度)
	中質	N 値 10~30 程度	1:1.5~2.0 (26~33 度)
	硬質	N 値 30~50 程度	1:1.0~1.5 (33~45 度)
砂利			1:1.0~1.5 (33~45 度)
岩盤			1:1.0 (45 度)

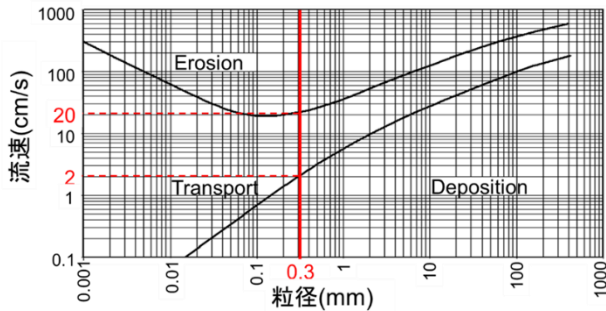


図-2 Hjulstrom's Curve



図-3 斜面崩壊の危険性が高い箇所

3. 流況解析方法

流況解析には iRIC(International River Interface Cooperative)⁶⁾ という河川の流況や河床変動解析が可能なソフトウェアを用いた。ソルバーは、Nays2DH という河川における流れ、河床変動、河岸浸食の計算を行うために開発された平面二次元ソルバーを使用した。まず、Nays2DH による流況解析結果の妥当性を検証するために、現地調査時のメコン川の流況を再現する解析(以下、「再現解析」とする)を実施した。

地形データが得られた期間の実測流量と同程度の流量を与えた流況解析を行い、水位の時間変化が安定した 8 時間時点において、斜面崩壊現場 3 地点及び、A~C 付近の河川横断面の流速の解析結果を実測値と比較した。流量は測量が行われた期間の平均値を 24 時間定常的に与えた。なお、河床材料粒径は 0.3mm、マンシングの粗度係数は高水敷では 0.04、低水路では 0.025 とした⁷⁾。再現解析の結果、流速の解析値が実測値を高精度で再現できていた。

4. 実測流量を与えた解析による流況の把握

実測流量と同程度の流量を与えた解析の結果から、流量と流速分布の関係性を見ることで、年間を通しての流況を把握し、斜面崩壊の短期的な対策と適切な浚渫箇所の検討を行った。

流量は、解析区間の上流に位置するコンパンチャム地点における月別流量の 5 年間の平均値から、乾季の最も流量が少ない時期を想定した 3000m³/s と、雨季の最も流量が多い時期を想定した 30000m³/s を含めた、計 7 ケースの流量を 24 時間定常的に与えて解析を行った。

図-4 に流速の解析結果を表す平面図を示す。3 地点とも年間を通しての河岸付近の流速が大きく、河床の浸食が進行する可能性が高いことが判明した。河岸付近において、年間を通して流速が大きい箇所では、河床が浸食され水深が深くなることによって斜面が急勾配になり、その斜面が雨季に水没することで斜面勾配が安息角を超え崩壊に至ると考えられる。このような斜面崩壊のメカニズムから、短期的な対策として、現在既に被害が発生している現場や危険性の高い現場では、斜面を深い所まで護岸し浸食と崩壊を防ぐことが有効だと考えられる(図-5)。

図-6 に流量 5000m³/s で流速 0.02m/s 以上の箇所のみを表した平面図と浚渫提案箇所を示す。特に乾季において流速が小さい箇所は土砂が堆積しやすいと推測されることから、堆積傾向を

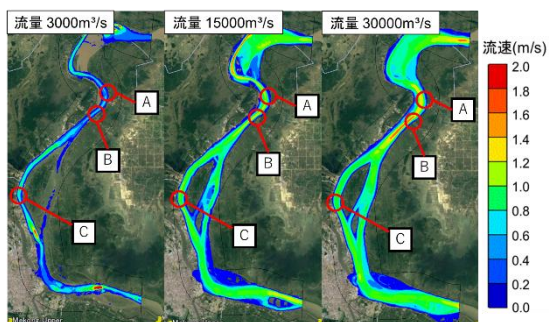


図-4 流速の解析結果

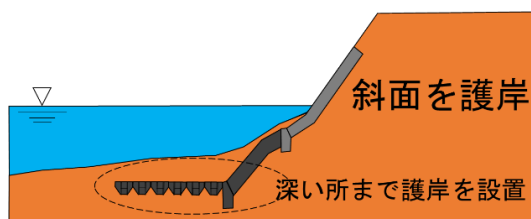


図-5 斜面崩壊の短期的な対策案

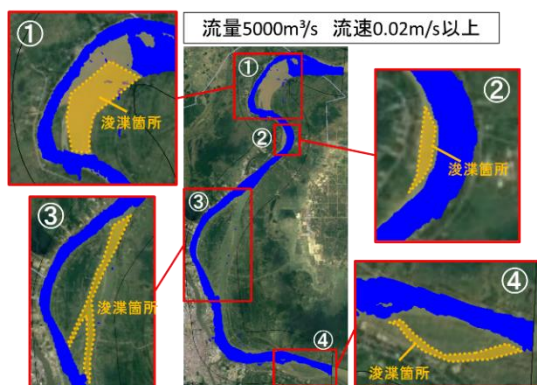


図-6 浚渫提案箇所

示す流速 0.02m/s 以下の箇所を抽出したところ、河川の蛇行部分の内側や、中州により分流している箇所が浚渫箇所に適していると考えられる。具体的な浚渫可能範囲と土量は、下流への影響等を考慮して今後、解析による検証を経て決定していく必要がある。

5. 総括

本研究では、実際の斜面崩壊現場の現地調査結果から、斜面崩壊の危険性が高い箇所の抽出し、流況解析を行った結果、乾季でも河岸付近の流速と水深が大きく、斜面勾配が急になっている箇所では、年間を通して河岸付近の流速は大きい可能性が高く、河岸浸食による斜面崩

壊が起こる可能性が高いと判明した。斜面崩壊の短期的な対策として、斜面を水深の深い所まで護岸することによる浸食の防止が有効であると考えられる。また乾季で特に流速の小さい、河川の蛇行部分の内側や、中州により分流している箇所等が浚渫箇所に適していると考えられる。

今後の課題として、今回のような24時間の解析ではなく、流量の変化を想定した長期間の解析を行うことで、河床変動など、より具体的に流況の把握を行う必要があると考えられる。また長期間の解析結果から、斜面崩壊の中長期的な対策案を検討し、浚渫箇所の具体的な範囲と土量の検討を行うことも今後の課題である。

参考文献

- 1) 特定非営利活動法人 メコン・ウォッチ：
メコン河について
<http://www.mekongwatch.org/index.html>
(2025.01.21 閲覧)
- 2) 武石敬也：カンボジア王国カンダール州北部のメコン川段丘崖の崩壊状況の把握
- 3) 最新港湾工事施工技術，山海堂，1991
- 4) Allen, J., "Scale Models in Hydraulic Engineering", Longmas, Green and Co., 1947, p.212.
- 5) 廣木義久：ユルストロームダイアグラム - 流水による碎屑物からなる地層の形成の理解-, 地学教育 第71巻 第3号 (通巻第362号) pp. 97-107, 2019
- 6) iRIC | 河川の流れ・河床変動解析ソフトウェア <https://i-ric.org/ja/>
(2025.01.21 閲覧)
- 7) 高瀬信忠「河川工学入門」森北出版株式会社,2001,245p