



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Experimental and numerical investigations on cantilever failures for cohesive riverbanks [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Patsinghasanee, Supapap
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12459号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/63341
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Supapap_Patsinghasanee_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士 (工学)	氏名	Supapap Patsinghasanee
審査担当者	主 査 教 授	清水 康行	
	副 査 教 授	泉 典洋	
	副 査 教 授	山下 俊彦	
	副 査 准教授	木村 一郎	

学位論文題名

Experimental and numerical investigations on cantilever failures for cohesive riverbanks

(実験および数値計算による粘着性ひさし状河岸の浸食・崩落に関する研究)

沖積河川における河岸浸食とこれに伴う河岸からの大量の土砂流出は農地の損失や構造物の破壊など、環境、経済などの面で社会的に大きな問題となっている。粘着性土質河岸におけるひさし状河岸タイプの浸食は急激な川幅の拡大や河道への大量土砂供給をもたらすため、河川工学的にも重要な問題である。既往研究においては様々な形式の河岸浸食に対する検討が行われているが、現象の複雑さにも起因し、流体力学との関連からも十分な理解が得られてはいない。従って、模型実験や数値計算を用いてひさし状河岸の浸食や河岸からの落下土塊の河岸浸食に対する影響、掃流砂に対する影響などのメカニズムを明らかにすることは、河川工学上極めて挑戦的な課題であると言える。

本論文では、初めに流れの計算に水深平均の2次元流れのモデルを用い、均一粒径および混合粒径の流砂量式を用いて河床変動・河岸浸食計算を行い、これに河岸崩落モデル組み合わせることにより過去に行われた非粘着性河岸の水路実験の再現計算を行った。この結果、均一粒径の条件では適切な限界崩落角度および横断方向の計算格子サイズを選択することによって流下方向に平均した水路横断形状の変化をほぼ正確に再現できることが示された。しかしながら、混合粒径の条件では横断形状の変化を正確には再現出来なかった。この主な原因は実験においては粘着性河岸材料が土塊状に浸食され河岸近傍に留まり、アーマリング効果としてさらなる河岸の浸食を防いでいるためである。

ひさし状河岸浸食のメカニズムの検討を行うために、小規模な河岸浸食の実験を行った。実験は、3種類のシルト・粘土の混合比の粘着土を用い、水理条件も変化させながら7ケース行った。この小規模実験によって、河岸の下部に発生する流れによる側方浸食が進行することにより、上部の河岸の弱体化が生じ、そこで、河岸上部に引っ張り破壊が生じこれによってオーバーハング状態の河岸が崩壊するというプロセスが明らかになった。さらに、河岸の連続的浸食とひさし状河岸の間欠的崩落を組み合わせた三重格子モデルを構築し、小規模水路実験の再現を行い、このモデルの検証を行った。モデルによる計算結果を、粘着性河岸の小規模模型実験結果を空間的に平均化して得られた水位および河道形状と比較した結果、よい適合性が示された。さらに、実験結果をオーバーハング浸食モデルに加え、従来の単純な河岸崩落モデルによる計算結果とも比較を行った。この結果、単純な斜面崩落モデルでは粘着性河岸における複雑なオーバーハング河岸の浸食機構を説明出来ないということが明らかになった。

既存の経験的・解析的な研究結果、すなわち、有効掃流力、限界掃流力、河岸浸食係数、安全率、オーバーハング河岸の浸食などに関して、今回の小規模実験結果および、タイ国 Songkha 県の U-Tapao 川の観測結果も併せて各種の検討が行われた。流水による浸食に対するせん断力は、小規模模型実験では 0.68 から 1.23Pa、U-Tapao 川では 9.44 から 12.99Pa の範囲であった。既往研究結果による河岸浸食係数は、小規模実験および U-Tapao 川の浸食量と比較して、その適合度は低かった。このため、まずは、限界掃流力と浸食係数の局所的な値を正確に計測する必要性が確認された。オーバーハング河岸の安定性に関しては小規模模型実験においては片持ち梁状破壊が、U-Tapao 川においてはせん断型の破壊が卓越することが分かった。最後に、空間平均の川幅の時間的な変化に関しては数値計算結果との適合度がかなり良いことが確かめられた。ただし、一旦、片持ち梁形式の河岸浸食が発生したのちは、河岸から落下した土塊が河岸の水底付近で流水による河岸浸食を防ぐ役割をするため、実験結果と計算結果の適合度が悪くなることが分かった。したがって、数値計算モデルにおいては、必ずこの落下土塊の影響を考慮する必要があることが示唆された。

最後に、小規模模型実験におけるスケール効果の影響を出来るだけ排除し、片持ち梁状河岸の浸食のプロセスをより詳細に観測し、より現象の理解を深めるために、大規模な実験が行われた。さらに、この実験結果を用いて、河岸からの落下土塊の河岸浸食に対する影響に対する検討が行われた。この結果を用いて、数値計算モデルには落下土塊の影響も考慮するような改良が加えられた。大型模型実験では、まず水面下の河岸浸食により河岸上部のオーバーハングが発生し、その後、オーバーハング部に引っ張りによるクラックが発生し、このクラックに沿って片持ち梁状の破壊の発生が見られた。この実験では河岸の内部に加速度センサーが埋め込まれ、これにより梁状河岸の破壊メカニズムが明らかにされた。実験結果によればシルト・粘土比が多いほど河岸浸食の進行が速いことが分かった。実験では河岸からの落下土塊は河岸からの土砂生産のバッファになっており、河岸浸食の抑制効果を果たしていることが認められた。この、落下土塊の影響は粘着河岸の河岸浸食で特徴的な現象であり、河岸地形の形成に対して重要な要因となっている。したがって、シルク・粘土比を下げると落下土塊のサイズも小さくなり、土塊の消失も早くなるということが明らかになった。さらに、数値計算結果も大型模型実験結果を空間的に平均化された流路横断形状と良く一致し、川幅の時間的な変化に対する良好な再現性が見られた。これに対して、落下土塊の影響を考慮しないモデルでは河岸浸食速度が過大に計算されることが示された。この結果、粘性土河岸の浸食に対する、河岸からの落下土塊の影響が明らかに示された。さらに、この土塊の影響を考慮した数値計算モデルが、粘着性河岸の浸食問題を扱う上での強力な手法となることが明らかにされた。

これを要するに、著者は土塊の影響を考慮した数値計算モデルについて、浸食問題を扱う上での強力な手法となることについて新知見を得たものであり、現河川工学にて検討されている侵食問題に対して今後の研究発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。