

洪水中の流水抵抗変化を踏まえた流量・氾濫量の推定に関する研究

著者	工藤 俊
学位名	博士（工学）
学位の種類	課程博士
報告番号	甲第413号
研究科・専攻	工学専攻
学位授与年月日	2018-03-23
URL	http://doi.org/10.15118/00009634

氏 名 工藤 俊

学 位 論 文 題 目 洪水中の流水抵抗変化を踏まえた流量・氾濫量の推定に関する研究

論 文 審 査 委 員 主査 教 授 中津川 誠

教 授 木村 克俊

准教授 川村 志麻

論文内容の要旨

国内外で大規模な洪水氾濫による被害が発生している中、気候変動の影響により洪水の更なる高頻度化、激甚化が進行すると推定されている。洪水の被害を最小限にする対策として、平常時から河川整備を進めた上で、発災時には洪水予測に基づき洪水予警報などを実施することが一般的である。

ここで、河川整備を進めるためには整備目標を定める必要があり、そのためには洪水時のピーク流量を計測することが重要である。洪水時の流量は流速を計測した上で、洪水前後に計測した河床の横断形状を用いて算出される。一方、洪水時は、安全面の観点から作業員が現場に近づくことが難しい場合もあり、データが安定的に取得されない場合もある。また、洪水時は河床の横断形状が時々刻々と変化する場合もあり、洪水前後の横断形状を用いることによる流量値への影響は明らかでない。

また、洪水予警報のための洪水予測においては、近年、降雨流出現象のみならず、氾濫現象も一体的に表現するモデルが開発されている。大規模氾濫を伴う洪水の激甚化が懸念される中で、このようなモデルを活用することは効果的である。ここで、降雨流出と氾濫を一体的に表現するモデルを扱う上では、河道の流下能力のモデル化が氾濫水の計算に影響すると考えられる。一方、これまでの研究事例では、河道の流下能力、すなわち河道形状と粗度係数の設定については、単純な仮定を用いて設定することが多く、それが氾濫水の計算にどれほど影響するかは明らかでない。また、特に大陸河川の大流域などでは、氾濫水の詳細な調査が困難であるため、計算結果を検証することは難しい。

本研究では上記に述べた課題、すなわち流量観測における安全面と精度の課題と、洪水予測における河道の流下能力のモデル化と結果の検証の課題を解決する技術を提案する。具体的には、洪水中の河床変動の把握や流下能力の把握のためには、洪水中の流水抵抗の変化を理解し予測する必要があるため、最初に実河川の流水抵抗の分析を実施する。その上で、作業員が洪水中に現場に赴かなくても、河床変動を考慮しながら流量を観測できる手法を提案し、従来の流量の算定手法と比較してその効果を確認する。また、河道の流下能力をモデル化した上でシミュレーションを実施し、従来手法によるシミュレーション結果と比較

してその効果を確認する。さらに、衛星情報を活用した氾濫水の推定方法を提案し、上述のシミュレーション技術と併せてパッケージの技術として提案する。

ABSTRACT

This study aims to propose methods to estimate discharge within river channel and inundation volume over flood plain. Some devastating floods have occurred in the recent years and such floods are expected to become more serious and frequent due to climate change. Countermeasures are generically taken in both ordinary and emergency situations.

In ordinary situation, river development is promoted based on the planned discharge. Hence discharge observation during flooding is highly important to design the planned discharge. In general, discharge is calculated by using observed velocity during flooding and measured cross sectional shapes before and after the flooding. However, there are some difficulties observing discharge. For example, laborer cannot reach the observation site due to harsh flow condition, which causes missing data. In addition, cross sectional shape sometimes varies by the minute during flooding, which could affect discharge value.

In emergency situation, flood forecasting is conducted to issue a flood warning. Some models that can simulate rainfall - runoff process have been developed to conduct flood forecasting. Furthermore, a model which can simulate inundation process in addition to rainfall – runoff process has been proposed. It is expected to be used especially in the emergency case that causes large scale inundation. In case that utilize the rainfall – runoff – inundation model, modelling of river channel capacity probably affect the inundation volume. However, river channel capacity, i.e. cross-sectional shape and roughness coefficient, is set with very simple assumption in the previous studies. The influence of the river channel capacity on inundation process has not been understood completely. Besides, it is difficult to validate the calculation results because conducting surveys at many locations in a widespread inundation area is substantively impossible because of labor, time, and cost constraints, particularly in developing countries.

This study proposes methods to approach the challenges mentioned above, i.e. safety and accuracy of discharge observation during flooding, and modelling river channel capacity and validation of simulation result. To understand the varying of cross-sectional shape and river channel capacity, flow resistance during flooding has to be understood. Hence the analyzing of flow resistance was conducted in this study at first. Then, the method to observe discharge considering river bed evolution was developed. Furthermore, inundation simulation with precise river channel condition was conducted and its result was compared with computation results with simple assumption of river channel condition. Besides, a method to detect inundation water with satellite information was proposed. The methods to simulate inundation process and to detect inundation water with satellite data are expected

to be used as a packaged technique to grasp information of inundation in the emergency situation.

論文審査結果の要旨

本研究は3つの内容から構成され、1つ目が「実河川における流水抵抗の分析」、2つ目が「安全かつ精度の高い流量観測手法の提案」、3つ目が「現地の河道の流下能力を反映した氾濫量推定手法の提案」である。

1つ目の実河川における流水抵抗の分析では、既往の流水抵抗の予測手法として岸・黒木の理論に着目し、これと実河川の観測結果から得られる流水抵抗が適合するか調べた結果、国内河川では良く適合することを示した。また、今回対象とした海外河川では適合しないことを示し、国内河川と海外河川の水理量の違いからその理由を分析した上で、今回対象とした海外河川でも精度良く抵抗を予測できる手法を新たに提案した。これにより、国内河川及び海外河川で流水抵抗を予測できる手法が示された。

2つ目の安全かつ精度の高い流量観測手法の提案は、洪水中に流況及び河床変動が非常に激しい観測地点においても、作業員の安全と観測精度を確保した流量観測手法を提案するものである。具体的には非接触型流速計（今回は電波式流速計）で流速を計測した上で、流速と上記で有用性を確認した流水抵抗予測手法から水深を推定して、流量を算定する手法である。この手法を国内屈指の急流河川である姫川に適用して流量を算定し、従来の手法による流量算定結果と比較した結果、従来の手法よりも aDcp（超音波ドップラー多層型流向・流速計）で計測した流量を良好に再現し、従来の手法よりも大きな流量値が示された。これにより、提案した手法の有効性が示された。

3つ目の現地の河道の流下能力を反映した氾濫量推定手法の提案では、上述で分析した流水抵抗も含めて河道の流下能力を精緻にモデル化し、流出氾濫をシミュレーションする手法を提案するものである。このモデル化がシミュレーション結果にどれほどの影響を与えるかを分析した結果、河道の流下能力を精緻にモデル化することで計算結果が大きく変化する地点が存在し、計算精度が向上することが示された。さらに、衛星情報から氾濫量に関する諸量を推定する技術を提案し、シミュレーション結果の精度検証手法も併せて示した。

以上より、本論文は、河道整備等に不可欠な流量観測技術と洪水時の予警報等に不可欠な予測シミュレーション技術に関する技術向上、ひいては既往手法の課題の解決方法を提示するものであり、河川の水災害の分野の発展に大きく寄与するもので工学上きわめて有益であると考えられるため、本論文は博士論文に値すると認められる。