

Title	Development of 2D-3D Numerical Coupling Model for Inundation Flow Analysis and Its Application to Urban Area(Abstract_要旨)
Author(s)	LEE, Dongkeun
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2011-03-23
URL	https://doi.org/10.14989/doctor.k16056
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	author

氏名	李 東根
----	------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、河川を横断する橋梁の桁と橋脚による洪水の堰上げ量を3次元流れの解析モデルで評価するとともに、この堰上げによって生じる洪水氾濫現象を2次元平面流れの解析で求めるといふ、2次元平面流れと3次元流れをカップリングした数値解析モデルによる氾濫解析手法の開発を行ったものであり、モデルの妥当性の検証が水理模型実験結果に基づいてなされている。さらに、このモデルを実際の都市域での洪水氾濫現象に適用し、実流域へのモデルの適用性について検討されている。得られた結果の概要は以下のとおりである。

- (1) 河川を横断する橋梁の桁と橋脚による洪水時の河道内水位の変化特性を精度良く評価するために、気相と液相との境界判定にVOF法を用いた非構造格子からなる有限体積法による3次元流れの数値解析モデルを開発している。そして、河道内に橋脚と橋桁を配置した水理模型実験から得られた河道内の水面形や流れの特性が、このモデルを用いた3次元流れの数値解析により比較的良好に再現されることが確認された。
- (2) 橋脚や橋桁による水位の堰上げの影響により溢水もしくは越水による洪水氾濫が発生することがある。このような現象を高精度で解析するために、氾濫場では非構造格子を用いた有限体積法による2次元平面流れの解析モデルで、河道内の流れを(1)で開発した3次元流れの数値解析モデルでそれぞれ解析し、両者をカップリングする数値解析モデルによる氾濫解析手法を開発した。
- (3) 開発した2次元平面流れと3次元流れをカップリングした数値解析モデルによる氾濫解析手法の妥当性を検証するために、河道と氾濫場とからなる水理模型実験を行い、(2)で開発したカップリングモデルが、河道内に配置した橋脚と橋桁による水位の堰上げやこれによる溢水氾濫の流況の実験結果を比較的良好に再現することが確認された。
- (4) 開発した2次元平面流れと3次元流れをカップリングした数値解析モデルの実流域への適用性を検討した。その結果、この数値解析モデルにより実際の都市域での洪水氾濫現象がある程度再現できることが確認された。

以上要するに、本論文は、2次元平面流れと3次元流れをカップリングした数値モデルによる氾濫解析手法とその手法の都市域への適用性について論じたものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成23年2月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

京都大学	博士 (工 学)	氏 名	李 東根
論文題目	Development of 2D-3D Numerical Coupling Model for Inundation Flow Analysis and Its Application to Urban Area (2次元平面流れと3次元流れをカップリングした数値モデルによる氾濫解析手法の開発とその都市域への適用)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、河川を横断する橋梁の桁と橋脚による洪水の堰上げ量を3次元流れの解析モデルで評価するとともに、この堰上げによって生じる洪水氾濫現象を2次元平面流れの解析で求めるといふ、2次元平面流れの解析手法と3次元流れの解析手法とをカップリングした数値モデルによる氾濫解析手法について論じたものであって5章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、日本の都市域での洪水氾濫災害発生の原因、これによる被害の実態について、最近の洪水氾濫災害事例をとり挙げて紹介するとともに、諸外国における事例についても紹介し、洪水氾濫災害の防止・軽減のための構造的および非構造的対策について紹介している。そして、本研究の目的を以下のように設定している。</p> <ol style="list-style-type: none">(1) 河川を横断する橋梁の桁および橋脚による河川水位の堰上げを評価し得る数値解析モデルを開発する。(2) 堰上げをより正確に評価するための流れの3次元解析モデルと、この堰上げが原因で生じる氾濫流れの2次元平面解析モデルとのカップリングモデルを開発する。(3) 開発したモデルの妥当性を検証するために、橋桁や橋脚による河道水位の堰上げおよびこれによる洪水氾濫に関する水理模型実験を実施する。(4) 開発したカップリングモデルを実際の流域に適用し、モデルの現地適用性を検討する。 <p>最後に、この研究分野における既往の研究をレビューして本研究の位置づけを明確にするるとともに、本論文の構成を示している。</p> <p>第2章は、河川を横断する橋梁の桁と橋脚が存在する場において、河道内の流れを3次元解析するための支配方程式系およびその数値解析手法を示すとともに、数値解析結果を検証するための水理模型実験について示している。流れの基礎方程式には RANS (Raynolds-Averaged Navier-Stokes) を採用し、乱流モデルには標準型の $k-\epsilon$ を用い、有限体積法による非構造格子を用いた離散化を行っている。橋桁や橋脚による水位の堰上げおよび橋桁を乗り越える流れも精度よく表す必要があり、ここでは自由表面の取扱いとして、水と空気という相間の粘度比が大きい場合にも安定して解を求めるのに有効な手法である CICSAM (Compressive Interface Capturing Scheme for Arbitrary Meshes) という界面追跡手法を導入した VOF (Volume of Fluid) 法を用いているのが特長である。水理模型実験では、河道内に構造物が無い場合、橋脚のみが存在する場合、橋桁のみが存在する場合、および橋脚と橋桁の両方が存在する場合の4ケースの実験を同一水理条件のもとで行っている。ケース毎に実験結果と計算結果とを比較し、計算値は構造物前面での水位上昇および構造物背面での水位低下がいずれも実験値より若干小さめではあるものの、ほぼ実験結果を再現しており、ここで提案している数値解析手法の妥当性を確認している。</p>			

氏名	李 東根
----	------

第3章は、氾濫解析に用いる2次元平面流れの基礎方程式系を示すとともに、3次元流れの解析とのカップリング手法について示している。本手法の特長は、広い範囲を対象とした解析が求められる洪水氾濫計算には2次元平面解析を採用することで計算時間の短縮を図り、かつ、自由表面を有する3次元流れの解析手法を導入することで、橋桁や橋脚等の河道内構造物が流れに与える影響をできるだけ正確に評価してより正確な水位上昇量を求め、この両者をカップリングすることで氾濫現象をより精度よく解析できるところにある。流れの基礎方程式には水深積分した連続式、運動量式および $k-\epsilon$ を用い、3次元流れの場合の離散化と同様、有限体積法による非構造格子を用いた離散化を行っている。ついで、氾濫場を有する河道模型水路を用いて、橋脚や橋桁による堰上げおよびこれによる洪水氾濫に関する水理模型実験を種々の水理条件下で行っている。そして、水理実験結果と数値計算結果とを比較検討した結果、第2章の結果と同様、数値計算結果は構造物前面での水位上昇量、背面での低下量が実験値と比して若干小さい値となったものの、氾濫域での流れのパターンや氾濫規模は比較的良好に再現されており、ここで提案しているカップリングモデルによる氾濫解析手法の妥当性が確認されている。

第4章は、開発した2次元平面流れの解析法と3次元流れの解析法とをカップリングした数値解析モデルを実流域へ適用した結果を示している。対象とした河川では橋桁の改修工事が実施中で、橋桁を支えるH鋼の支保工が多数河道内に仮設されていた。ここでは、橋桁や支保工による洪水時の河道内水位上昇量を精度よく求め、河道からの溢水量を評価して、洪水氾濫解析を行っている。2次元平面流れの数値計算では支保工の影響や橋桁の影響を粗度係数等で評価せざるを得ないが、その値の合理的な設定方法はまだ十分には解明されていない。本論文で提案している数値解析モデルでは、このような不明確な取扱いは不要であり、より客観的な解析が可能である点も特長の一つである。洪水痕跡やビデオ映像から再現された氾濫実績とここで提案している数値解析モデルによる計算結果とを比較検討した結果、この数値解析モデルにより実際の都市域での洪水氾濫現象がある程度再現できることが確認されている。

第5章は結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、今後の課題についてとりまとめている。