

京都大学	博士 (工学)	氏名	MANOJKUMAR NAMDEO LANGHI
論文題目	HYDRAULIC ANALYSIS OF UNSTEADY NON-UNIFORM OPEN CHANNEL FLOWS IN VIEW OF SIMPLIFIED MODELING (簡易モデルを用いた非定常・非一様な開水路流れの水理解析に関する研究)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、地形の変化や構造物の存在等より局所的には複雑な3次元構造を有している河川洪水流に対して、非定常性・非一様性による流れの局所的構造変化を組み込んだ比較的簡易な水深積分型運動量方程式のモデリングを提案するとともに、モデルを二、三の具体的な流れに適用して検証を行った結果をまとめたものであって、7章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、本研究課題を取り上げた動機と研究の目的、ならびに論文の構成について記述している。</p> <p>第2章では、洪水流のような比較的緩慢な非定常・非一様流を対象として、流速分布形の時空間的な変形過程を開水路流れの水深積分モデルに考慮するためのモデル化手法を提案している。すなわち、流速分布形を路床でスリップ速度を有する相対水深のべき乗展開式で表現して連続式と運動方程式に代入し、展開式の係数と水深、平均流速の時間・空間微係数との関係式を導いている。これらの関係式を用いて流速分布の変形と付加的応力を考慮した新たな水深積分運動量方程式、及び底面せん断応力の評価式を提案した。さらに、提案モデルを従来の流入流量を時間的に変化させた非定常流実験結果に適用し、水深と流速の非定常ループ特性、流速分布や底面せん断応力の時間変化等について解析結果と実験結果を比較することでモデルを検証している。</p> <p>第3章では、第2章で提案した簡易な水深積分モデルの適用性をさらに拡張するための知見を得ることを目的として、第2章で対象とした実験条件下で、乱流モデルとして非線形渦粘性モデルを用い、数値解析法として有限体積法と密度関数法を適用して流れの3次元解析を行っている。ハイドログラフや流速分布形だけでなく乱れ特性量の分布についても解析結果と実験結果を比較することで、時空間的な非一様流に対する数値解析モデルの検証を行なった。</p> <p>第4章では、第2章で用いたモデリングに二方程式乱流モデルを組み込んで水深積分モデルをさらに改良するための基礎的検討を行っている。二方程式乱流モデルを用いた場合、これまでに開水路流れ解析の基本となる加速・減速流の流速・乱れ特性量分布形に関する解析解が導かれていない。そこで本研究では、流速と乱れ特性量の分布形として(1-相対水深)のべき乗展開式を用い、基礎式系に代入・整理して分布形の係数を定めることで近似解を導出した。さらに、差分法による数値解析結果、及び実験結果と比較することで近似解の検証を行なった。本研究で導いた近似解を用いることで第2章で提案した水深積分型運動量方程式のさらなる改良が可能であることを指摘しており、今後の発展が期待される。</p> <p>第5章では、跳水のような逆流を伴う空間的な急な流れにも適用可能な水深積分型運動量方程式のモデリングについて検討を行っている。そのために、流速分布のべき乗展開係数の空間微分も考慮することで基本的関係式の導出法を改良し、最終的に流速分布形の急激な変形により生じる付加的な運動量輸送項を伴う水深積分モデルを提案した。導か</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	MANOJKUMAR NAMDEO LANGHI
<p>れた基礎式系を跳水を含む開水路流れに適用し、数値解析により跳水の水面形、及び流速分布形の遷移を再現した。解析結果と従来の実験結果を比較することで、提案モデルを用いて跳水部の流れ特性がある程度再現可能であることを示している。さらに、前述の3次元乱流解析法を適用して跳水部を含む流れの数値解析も実施し、数値解析モデルが水面形、及び流速分布形の急激な変化を伴う流れに対しても有効であることを確認した。</p> <p>第6章では、連続な波状跳水から第5章で取り扱った不連続な跳水への遷移過程を簡易なモデルで再現する方法について検討した。すなわち、第5章で提案した跳水の水深積分モデルの付加項は流れ方向の付加的な運動量輸送項と考えられ、渦粘性表示式を用いて近似的に表現することができる。その際、渦粘性表示式の係数をフルード数の関数とすることでフルード数と跳水長さの関係を良好に再現できることを示した。この結果を鉛直加速度を考慮した運動量方程式であるブシネスク方程式の渦粘性項に適用し、渦粘性項の係数の増加とともにブシネスク方程式に現れる特異点の型が渦状点から結節点に変わることから、ブシネスク方程式のみを用いて波状跳水から不連続な跳水への遷移過程を再現することが可能であることを示した。</p> <p>第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、地形の変化や構造物の存在等より局所的には複雑な3次元構造を有している河川洪水流に対して、非定常性・非一様性による流れの局所的構造変化を組み込んだ比較的簡易な水深積分型解析モデルを提案するとともにモデルの検証を行った成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 洪水流のような比較的緩慢な非定常・非一様流を対象として、流速分布形の時空間的な変形過程を開水路流れの水深積分モデルに考慮するために、路床でスリップ速度を有する流速分布形を用いた定式化を行い、改良型的水深積分運動量方程式、及び底面せん断応力の評価式を提案した。さらに、モデルを従来の非定常流実験に適用し、流れの時空間変化特性について解析結果と実験結果を比較することでモデルの検証を行った。また、簡易モデルのさらなる改良に関する知見を得るために、実験条件の下で非線形渦粘性モデルに密度関数法を適用した3次元解析も行い実験結果と比較した。

2. 上記の水深積分モデルに乱流モデルを導入するための基礎的検討として、二方程式乱流モデルを用いて開水路加速・減速流の流速・乱れ特性量分布形に関する近似解を導出した。流速と乱れ特性量分布形を相対水深ではなく(1-相対水深)のべき乗展開式で表現して基礎式系に代入・整理することで開水路流れに対する近似解を導出し、差分法による数値解析結果、及び実験結果と比較することで近似解の検証を行なった。

3. 跳水のような逆流を伴う空間的変化の急な流れにも適用可能な水深積分型運動量方程式のモデリングについて検討を行った。流速分布に関するべき乗展開の係数の空間微分も考慮することで基本的関係式の導出法を改良し、最終的に流速分布形の急激な変形により生じる付加的な運動量輸送項を伴う改良型水深積分モデルを提案した。モデルを跳水を含む開水路流れに適用し、跳水の水面形、及び流速分布形遷移の再現計算結果と従来の実験結果を比較することでモデルを検証した。さらに、前述の3次元乱流解析法を適用して跳水部を含む流れの数値解析も実施し、数値解析モデルが水面形、及び流速分布形の急激な変化を伴う流れに対しても有効であることを確認した。

4. 連続な波状跳水から不連続な跳水への遷移過程を簡易な水深積分モデルで再現する方法を提案した。ブシネスク方程式の渦粘性項の係数をフルード数の関数として与えて、渦粘性項の係数の増加とともにブシネスク方程式に現れる特異点の型が渦状点から結節点に変わることから、ブシネスク方程式のみを用いて波状跳水から不連続な跳水への遷移過程を再現可能であることを示すと同時に、解析結果が跳水前面の波高の変化等の特性量に関する実験結果と適合していることを示した。

以上要するに本論文は、複雑な3次元構造を有する開水路流れを解析するための比較的簡易な水深積分型運動量方程式のモデル化手法を提案するとともにモデルの検証を行ったもので学術上、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25年2月4日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。