

|  |                                  |    |       |
|--|----------------------------------|----|-------|
| 京都大学   | 博士 (工 学)                         | 氏名 | 水谷 英朗 |
| 論文題目   | 越流型および非越流型水制がもたらす局所洗掘と粒度変化に関する研究 |    |       |
| <p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、越流型および非越流型の水制がもたらす局所洗掘と河床粒度分布の変化について、水理模型実験および数値解析により論じたものである。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景と目的、そして本論文の構成を示し、第2章では、水制に関する既往研究のレビューを実験的研究と数値解析的研究に分けて行い、既往の研究で明らかになっていること、そして今後の研究として残され現在求められている課題と本研究の位置付けについて記述している。</p> <p>第3章では、長方形直線路を用いて基本的な実験条件と考えられる非越流型不透過水制1基に対して均一砂と混合砂河床を用いて移動床実験を行い、水制周辺の洗掘深と初期河床粒度分布の関係、そして水制周辺の3次元的な流れ場の計測を行い、水制がもたらす河床表層の粒度変化と3次元的な流れ構造の関係について考察を行い、以下のようにまとめている。</p> <p>(1)水制周辺の局所洗掘において、平均粒径が同等の河床条件の場合、初期河床の粒度分布の範囲が狭く幾何標準偏差<math>\sigma_g</math>が大きい方が最大洗掘深および洗掘量が小さくなる傾向があることを明らかにし、<math>\sigma_g</math>が大きくなればなるほどアーマ・コート形成に必要な粒径の大きな砂粒の存在割合が大きく、水制周辺の洗掘深および洗掘量を予測する上で<math>\sigma_g</math>が重要なパラメータとなることを示している。</p> <p>(2)平坦河床上の水制周辺の流れ場は、水制背後に鉛直方向に軸を持つ循環渦が発生し流れの3次元性はそれ程強くなく、洗掘河床上では洗掘孔内の馬蹄形渦、水制背後の後流渦、そして水制背後堆積域と側壁間に第3の縦渦の存在を確認し、複雑な3次元流れの構造を有していることを明らかにしている。</p> <p>(3)洗掘孔が十分発達した混合砂河床では、水制前面から水制頭部にかけた領域と、水制頭部から下流の縦断領域において顕著な粗粒化域が形成され、それを挟むようにして、側壁近傍と水路中央側の洗掘孔の縁において細粒化する2つの帯状領域が形成されることを模型実験により確認している。この粗粒化および細粒化領域は、水制周辺の渦構造が支配する底面流れ場と洗掘孔の急な河床勾配によって砂の分級が働くことを流れの計測より明らかにしている。</p> <p>第4章では、均一砂および混合砂河床を用いて越流型水制に対して水理模型実験を行い、水制の高さと周辺の河床変化の関係、粒度分布と局所洗掘深の関係、そして水制高の違いが河床表層の粒度分布変化に与える影響について、非越流時の結果も含めて比較を行い、以下のように考察している。</p> <p>(1)同一の均一砂河床を用いて相対水制高のみを変化させた実験により、最大洗掘深は相対水制高とほぼ線形関係にあることを示し、水制周辺の洗掘深を予測する上で相対水制高が重要なパラメータとなる。</p> <p>(2)水制が越流から非越流状態になることによって水制頭部の下流域において洗掘が進む傾向が示され、越流状態内で相対水制高が段階的に高くなることによって進む平面的な洗掘拡大分布の傾向とは異なる。</p> |                                  |    |       |

|    |       |
|----|-------|
| 氏名 | 水谷 英朗 |
|----|-------|

- (3)混合砂河床においても、均一砂河床と同様に相対水制高が大きいほど最大洗掘深および洗掘量が大きくなる傾向を示す。そして、3章の非越流型水制の実験結果と同様に、どの越流時の結果も $\sigma_g$ が大きくなるにつれて最大洗掘深が小さくなる傾向がある。
- (4)水制先端から下流へ伸びる洗掘の大きな領域において、非越流時が最も下降流が大きく、そして下降流の卓越する縦断及び横断方向の範囲が大きく、水制高が低くなればその下降流の大きさとその範囲が小さくなる。
- (5)水制頭部近傍の下降流は水制高が高くなると強まり、馬蹄形渦の流れもその下降流により強くなるため、水制先端から主流路側の洗掘孔内の河床近傍において、洗掘孔底部から斜面を駆け上がる左岸方向への河床近傍流れは水制が高い方が大きい。
- (6)非越流実験で比較的顕著に形成された水路中央側の帯状細粒化領域については、越流状態ではその幅が狭くなり、水制高がより低いケースにおいては、その細粒化領域が明確には形成されず、越流時は非越流状態に比べて水路中央側の帯状細粒化領域が形成され難い傾向がある。また、水制頭部から下流に伸びる粗粒化域の横断方向の幅については、非越流時が最も広く、水制高が小さくなるにつれて粗粒化幅が小さくなる傾向がある。

第5章では、水制周辺の局所洗掘および粒度分布を精度良く予測することが可能な数値解析モデルの構築を目指し、水制周辺の流れの3次元性と流砂の非平衡性を考慮し、3次元流れのRANSモデルと混合粒径の非平衡流砂モデルを組み合わせた河床変動解析モデルの構築を行っている。さらに、本研究で得られた移動床実験結果を検証材料に数値解析モデルの構築を進め、解析モデルの妥当性を検証している。まず、越流型および非越流型水制実験の流速場を計測した実験ケースについて、実験で形成された河床地形を用いて非線形k- $\epsilon$ モデルによる3次元流れ解析を行い、水制周辺の3次元流れ場の再現性について検証し、概ね良好な解析結果が得られることを示している。河床変動計算については、非越流と2つの越流状態の計3ケースの混合砂河床の移動床実験について再現計算を行っている。流れの乱流モデルについては、非線形および線形渦粘性モデル、そして混合砂の非平衡流砂モデルを導入した解析モデルの妥当性を検証している。水制周辺の洗掘孔の大きさについては若干小さめに計算されるが、最大洗掘深および洗掘孔形状については非越流および越流ケース共に良好な再現性を示している。また、河床表層の粒度分布の計算については、水制前面、水制頭部から下流の縦断方向に伸びる粗粒化領域、そして、その粗粒化領域を挟むようにして存在する2つの細粒化領域についても計算で良好に再現され、本研究の解析モデルは水制がもたらす粒度変化を予測する上で有効な解析モデルであることが示されている。

第6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。

|    |       |
|----|-------|
| 氏名 | 水谷 英朗 |
|----|-------|

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、越流型および非越流型の水制がもたらす局所洗掘と河床粒度分布の変化について、水理模型実験および数値解析により論じたものである。越流型および非越流型の水制周辺の局所洗掘と粒度分布の関係、水制高と局所洗掘、そして水制高と粒度分布の関係について実験結果より考察がなされている。さらに、水制周辺の局所洗掘および粒度変化を再現し得る解析モデルの開発を行うとともに、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。得られた結果の概要は以下のとおりである。

- (1) 越流型および非越流型水制周辺の局所洗掘において、平均粒径が同等の河床条件の場合、初期河床の粒度分布の範囲が狭く幾何標準偏差  $\sigma_g$  が小さい方が最大洗掘深および洗掘量が大きくなる傾向があることが明らかにされ、水制周辺の洗掘深および洗掘量を予測する上で  $\sigma_g$  が重要なパラメータとなることが示されている。
- (2) 同一の均一砂河床を用いて、相対水制高のみを変化させた実験により、最大洗掘深は相対水制高とほぼ線形関係にあることが示され、非越流型水制の場合は、越流型水制に比べ水制頭部で顕著な下降流が発生し、水制設置位置より下流域で洗掘が進行することが明らかにされている。
- (3) 混合砂による実験より、水制前面域から水制頭部にかけての領域と、水制頭部から下流に向かった縦断領域において顕著な粗粒化域が形成され、それを挟むようにして側壁近傍と水路中央側の洗掘孔の縁において細粒化する2つの帯状領域が形成されることが実験結果より示された。さらに、流れ場の計測により、馬蹄形渦と後流渦、そして洗掘孔の河床勾配によってそれらの河床表層の粒度分布の多様性がつくられ、越流型水制の場合は非越流型に比べて粗粒化の幅が狭くなり、水路中央側の細粒化領域も顕著に形成されない傾向を有していることが示されている。
- (4) 3次元流れのRANSモデルと混合粒径の非平衡流砂モデルを組み合わせた河床変動解析モデルを開発し、本研究で得られた越流型および非越流型の移動床実験結果と数値計算結果が、概ね良好に一致することが確認され、解析モデルの妥当性が検証されている。

以上要するに、本論文は、越流型および非越流型水制周辺の局所洗掘と粒度分布の関係および水制周辺の渦構造と粒度変化の関係を明らかにし、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8月22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。