

|          |   |
|----------|---|
| 氏名       | オウ<br>王 浩 民                               |
| 学位(専攻分野) | 博 士 (工 学)                                 |
| 学位記番号    | 工 博 第 2107 号                              |
| 学位授与の日付  | 平 成 14 年 3 月 25 日                         |
| 学位授与の要件  | 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当                   |
| 研究科・専攻   | 工 学 研 究 科 土 木 工 学 専 攻                     |
| 学位論文題目   | 格 子 型 砂 防 ダ ム の 機 能 と 性 能 設 計 に 関 す る 研 究 |

論文調査委員 (主査) 教授 高橋 保 教授 中川 一 教授 井上和也

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、土石流災害の防止と河川環境の維持という目標を同時に満足する砂防設備として期待され、実施事例が増えている格子型砂防ダムについて、土石流捕捉性能、堆積土砂の再侵食プロセス及びダムの配置法に関して、水路実験及び数値シミュレーションによって検討し、工学的な性能設計手法を与えているもので、緒論、4章および結論からなっている。

緒論では、最近土石流災害が頻発する中で、河川の河床低下や海岸侵食など、河川上流部からの土砂の供給が少なくなっていることの弊害が生じていることを述べ、いわゆる「流す砂防」の実現が重要であり、その手段として格子型砂防ダムが有力であることを指摘している。そして、格子型砂防ダムの機能に関する従来の研究を概観し、定量的評価ができる段階に達しているとは言い難い状況であることを明らかにして、本論文の意義を明確にしている。また、論文の構成について述べている。

第1章では、まず、水路実験によって、格子型砂防ダム透過部の閉塞状況と閉塞に至る過程のパターン分けを行っている。これより、閉塞過程が確率的な現象であり、格子面に粒子が到着する頻度を評価するパラメータとして、「平均到着時間間隔」を定義し、閉塞確率をその関数として与えている。さらに、これらの結果を総合して、格子型砂防ダムの閉塞モデルを構築し、このモデルによる数値シミュレーションによって、水路実験で得られた閉塞過程が再現できることを示している。

第2章では、格子が閉塞することによってその上流河床に後続土石流が堆積する過程と格子ダムを通して下流へ流出する土砂の粒径、流量、濃度特性を数値シミュレーションによって予測する方法を与えている。実験と数値シミュレーションによって、ダムから下流へ流出する土砂のピーク値も総量も大幅にカットされることが確認されている。また、縦部材のみからなるダム、横部材のみからなるダム、及び格子型のダムによって土石流先端部の巨礫捕捉機能を比較することにより、主として縦部材が捕捉機能を発揮していることを示している。さらに、土石流先端部への巨石集積効果を取り入れた土石流流動モデル、格子型砂防ダムの閉塞モデル及びダム上流部の堆積モデルを組み合わせた土石流調節の評価モデルを提案し、これによって実験結果が再現できることを示している。

第3章では、土石流を一度経験した格子型砂防ダムについて、その後の人工的な部分除石あるいは自然出水による調節容量の回復可能性と排出土砂の特性について、水路実験を中心に検討している。その結果、部分的除石の有無に関わらず、様々な出水によって砂防ダムの調節容量がある程度回復することが判明した。とくに、ダムのごく近傍の部分除石が行われた場合は、調節容量が大幅に回復されること、ダム近傍には巨石が集中しているため、これを除石することによって、ダム下流へ巨石が流出するのが防げるため、下部部の災害防除に有効に働くことが明らかになった。最後に、一次元計算によって大規模出水の場合に堆積土砂が再侵食される過程及び河床変動過程の再現計算ができることを示している。

第4章では、上記した一連の研究成果を集大成し、より汎用性の高い格子型砂防ダムの性能設計を可能にする数値シミュレーション方法を構築し、実用化している。すなわち、第2章で開発した格子型砂防ダムによる石礫型土石流捕捉モデルを基にして、粒径階別の流砂量式、侵食・堆積速度式、河床粒度分布式を取り入れることにより、広い粒度分布を持つ山地河

川流域に発生した土砂流や土石流に適用できる格子型砂防ダムの土砂調節制御機能評価モデルを提案した。このモデルを利用すると、砂防ダム設置位置が決まっている際には、流域の地形及び堆積物条件に応じた最適の格子間隔が決定でき、砂防ダム設置位置に制限がない場合には、最適の設置位置と格子間隔が決定できることを示している。

結論では、以上の結果を要約している。

### 論文審査の結果の要旨

土石流災害対策として、砂防ダムが設置されているが、築造後僅かな年限で満杯状態となって、いざ土石流が発生したときに所期の目的を果たせない事例や、平時の土砂遮断が下流河川に悪影響を及ぼす他、コンクリートによる人工落差が生態系や景観等の環境を阻害する事例が生じている。最近では、こうした不都合を解消する新しい砂防ダムとして、鋼管を組み立てた格子型砂防ダムが数多く設置されている。しかしながら、その機能の定量的評価や、所期の目的を達成できる構造及び設置場所の選定法に関して工学的裏付けが十分でないのが現状である。本論文は、格子型砂防ダムの閉塞機構を定量化し、その土石流調節機能、土石流調節後の機能回復過程、流域の特性に応じた格子間隔の設定法、ダム設置場所の選定法を提案したものである。得られた主な成果は以下の通りである。

1. 格子ダムの格子面閉塞パターンを分析することにより、閉塞現象が確率過程として捉えられることを明らかにし、ここで定義した粒子の平均到達時間間隔で閉塞確率が表現できることを示した後、閉塞現象のシミュレーションモデルを示した。
2. 土石流先端部へ巨礫が集積する過程を組み込んだ土石流追跡モデル、格子閉塞モデル、及び格子面閉塞による堰き上げ効果が上流へ波及することによる土砂堆積モデルを組み合わせて、格子ダムによる土石流調節評価モデルを与えた。また、本モデルの妥当性を水路実験によって検証した。
3. 格子ダムでは土石流を一旦調節した後も、中小洪水によって堆積土砂が徐々に排出されて、ある程度土石流調節機能の回復が見込めることを実験によって明らかにした。また、排出土砂による下流部への悪影響を避ける観点と、土石流調節機能の確実な回復のためには、格子面付近の巨礫を中心とした除石が有効であることを示し、その場合の機能回復過程と下流への土砂輸送過程を再現できるシミュレーション法を与えた。
4. 流域内における砂防ダムの設置位置は、様々の要因によって制限される場合があるが、そのような場合を対象として、数値シミュレーションを駆使することによって、地形及び河床堆積物の特性に応じた適切な格子間隔を決定する方法を示した。また、ダム設置場所選択に自由度がある場合を対象として、最適の設置場所を選定する方法も与えている。これにより、流域の特性と保全対象の位置に応じた格子ダムの性能設計を可能にしている。

以上要するに、本論文は、格子型砂防ダムが持っている土石流調節機能の定量的評価、ダム上流部堆積土砂の侵食と流下による土石流調節機能の回復とその下流河川への影響の評価、格子型砂防ダムが防災と河川環境の維持という所期の性能を発揮するために採用すべき格子間隔及び設置位置の選定を可能にする方法を与えたもので、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14年1月28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。