

(論文内容の要旨)

本論文は、土石流対策の一つである砂防ダムによる流木を伴った土石流の捕捉・堆積過程並びにダム下流域での氾濫・堆積過程を明らかにし、砂防ダムによる土石流対策の効果について論じたものであって6章からなっている。

第1章は序論であり、土石流の発生事例、経年的土石流発生件数と死者数との関係、流木を伴った土石流の事例、流域面積と流木生産量との関係、土砂生産量と流木体積量との関係、土石流の分類等について既往の研究成果や資料を用いて紹介している。ついで、実際の土石流災害の事例を紹介し、とくに不透過型や透過型の砂防ダムによる土石流対策法について述べている。

さらに、本研究の目的を以下のように設定している。

- (1) 砂防ダム直上流における土石流の新たな堆積モデルを構築し、中小洪水による堆積土砂の侵食モデルを用いて、各種砂防ダムの土石流調節機能を数値シミュレーションにより検討するとともに、水理模型実験によってモデルの妥当性を検証する。
- (2) 流木のラグランジュ的挙動追跡法と連続体モデルとしての土石流のオイラー的解析法とをカップリングした流木を伴う土石流の流動モデルを開発する。
- (3) スリット型や格子型等の透過型砂防ダムによる流木を伴う土石流の捕捉モデルを開発し、モデルの妥当性を水理模型実験で検証する。
- (4) 上記モデルを統合して、流木を伴う土石流の発生、流動、砂防ダムによる捕捉、扇状地上での堆積過程を表し得うる統合数値解析モデルを構築する。
- (5) 土石流災害を軽減するための砂防ダムの効果について考究し、有効な対応・対策について言及する。

最後に、この研究分野における既往の研究をレビューするとともに、本論文の構成を示している。

第2章は砂防ダム直上流での土石流の堆積および侵食過程のモデルについて示すとともに、これらのモデルを用いた土石流の数値シミュレーション手法について論じている。まず、高橋および江頭による既往の構成則を用いて土石流の発生・流動の数値シミュレーションを行い、流量ハイドログラフと土砂濃度について水理模型実験結果と比較し、構成則の適用性を検討している。ついで、不透過型砂防ダム、格子型砂防ダム、スリット型砂防ダムの3種類の砂防ダムを対象に、新たな土石流堆積モデルを開発し、既往の構成則を用いた場合の、土石流の堆積過程および各砂防ダムによる土石流の流量低減効果について検討している。さらに、土石流堆積物が中小洪水によって侵食される過程についても検討を行っている。これらの検討の結果、新たに提案した堆積モデルで比較的良好に実験結果を再現し得ること、構成則の違いによって土石流の発生・流動・堆積の計算結果に顕著な違いは認められず、両者とも比較的良好に計算結果と実験結果が一致すること、不飽和土砂の侵食モデルにより、砂防ダム直上流の土石流堆積物の侵食過程が十分再現できることが示されている。

氏名

SHRESTHA Badri Bhakta

第3章は流木のラグランジュ的挙動追跡法と連続体モデルとしての土石流のオイラー的解析法とをカップリングした流木を伴う土石流の流動モデルとその妥当性の検証実験について示している。まず、土石流と流木の流動モデルについて示し、ついで、流木の位置および回転角速度に関する変動値を確率論的に評価している。その際、土石流の流動場における流木の拡散係数および回転角速度の標準偏差を評価するために水理模型実験を実施し、これらを統計的に分析・評価している。最後に、これらのパラメータを用いて流木を伴う土石流の発生・流動に関する数値シミュレーションを実施し、土石流の流量、土砂濃度、および流木の流下特性に関する計算結果と水理模型実験結果とを比較検討し、モデルの妥当性を確認している。

第4章は流木を伴う土石流の砂防ダムによる捕捉モデルとその妥当性の検証実験について示している。すなわち、まず、格子型砂防ダムとスリット型砂防ダムを対象とし、格子間隔やスリット間隔と流木長との関係等、幾何学的な条件をもとに、捕捉された流木が存在する場合の条件付き捕捉確率を実験結果に基づいて求め、流木の捕捉が伴う場合の土石流の堆積モデルを新たに提案している。ついで、この堆積モデルを用いて、透過型砂防ダムによる流木の捕捉を伴う場合の土石流の流量、砂防ダムによる流木の捕捉率の時間変化、土石流堆積過程に関する二次元の数値シミュレーションを実施し、計算結果と水理模型実験結果とを比較検討してモデルの妥当性を確認している。

第5章は扇状地上での流木の氾濫・堆積モデルと水理模型実験によるモデルの妥当性の検証を行っている。すなわち、流木を伴う土石流の発生、流動、格子型およびスリット型砂防ダムによる捕捉、砂防ダムを通過した土石流および流木の流下および扇状地での氾濫・堆積のすべての過程を含む数値シミュレーションを実施し、土石流と流木の氾濫・堆積に関する水理模型実験結果をもとに流木の氾濫・堆積に関する計算結果の妥当性を検証している。その結果、扇頂部直上流の河道内に砂防ダムが設置された場合および設置されていない場合の扇状地上での土石流の氾濫・堆積範囲および流木堆積位置に関する計算結果は比較的良好に実験結果と一致しており、モデルのある程度の妥当性が確認されている。

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

SHRESTHA Badri Bhakta

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、土石流対策の一つである砂防ダムによる流木を伴った土石流の捕捉・堆積過程並びにダム下流域での氾濫・堆積過程を明らかにし、砂防ダムによる土石流対策の効果について論じたものである。すなわち、各種透過型および不透過型砂防ダムによる土石流の捕捉・堆積過程および堆積した土石流の侵食過程を適切に表し得るモデルの開発並びに砂防ダムによる流木を伴う土石流の捕捉過程およびその氾濫・堆積過程を適切に再現し得る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。さらに、各種砂防ダムによる土石流規模軽減の効果ならびに氾濫・堆積規模軽減の効果について数値計算結果並びに水理実験結果をもとに検討されている。得られた主な成果の概要は以下のとおりである。

- (1) 新たな堆積速度式を導入し、不透過型砂防ダム、格子型砂防ダム、およびスリット型砂防ダムによる土石流の捕捉・堆積過程のモデルを開発している。このモデルの妥当性は、水理模型実験結果により検証されている。
- (2) 流木を伴う土石流の水理模型実験を行い、流木の回転角速度は流れのフルード数と相関が認められ、平均角速度、拡散係数等が明らかにされている。ついで、流木群の流動をモデル化し、オイラー的な土石流の流動モデルと、ラグランジュ的な流木群の流動モデルとをカップリングしたモデルを開発している。このモデルを用いた流木群と土石流の流動に関する計算結果は水理模型実験を適切に再現することが確認されている。
- (3) 流木の捕捉に関する水理模型実験結果からの流木捕捉確率と、流木位置と格子もしくはスリットとの相対的な位置関係を表す幾何学的条件等との回帰分析から流木捕捉確率を評価し、流木捕捉モデルを構築している。水理模型実験結果により、このモデルが流木を伴う土石流の捕捉過程をほぼ適切に再現することが示されている。
- (4) 平面二次元場における流木の拡散並びに堆積過程をラグランジュ的に追跡するモデルとオイラー的な土石流の氾濫・堆積モデルとをカップリングしたモデルを開発し、流木を考慮した土石流の氾濫・堆積ならびに流木の拡散・堆積の数値計算結果が、水理模型実験と比較的良好に一致することが確認され、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、砂防ダムによる流木を伴った土石流の捕捉・堆積過程並びにダム下流域での氾濫・堆積過程を明らかにし、砂防ダムによる土石流対策の効果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21年8月21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。