

氏名 水野秀明  
 学位(専攻分野) 博士(農学)  
 学位記番号 論農博第2261号  
 学位授与の日付 平成11年9月24日  
 学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当  
 学位論文題目 鋼管製透過型ダムによる土石流の制御に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 水山高久 教授 青山咸康 教授 谷 誠

### 論文内容の要旨

毎年のように発生する土石流による災害の防止軽減を図るために、砂防ダム等による土石流対策が実施されている。土石流対策の構造物には、土石流を総量的に捕捉することや、ピーク流量を低減させることが求められる。鋼管製透過型ダムは、従来のコンクリート製の不透過型ダムのように平時の流出土砂によって、土砂捕捉容量を減ずることがないこと、また、魚の往来など平時の自然環境にやさしいことから建設件数が増加している。しかし、この構造物は透過部の大きさを誤ると土石流を制御できない危険性もある。本論文は、鋼管製透過型ダムの、土石流ピーク流砂量減少効果と総量捕捉効果について研究したものである。鋼管製透過型ダムによる土石流先頭部の制御に大きく影響を及ぼす要因を水路実験から推定し、それらの要因を用いてピーク流砂量減少率の予測式を開発した。また、水路実験と個別要素法によるダム近傍での土石流中の礫の挙動に関するシミュレーションから、土石流が透過型ダムで制御される機構を解明し、その効果を評価する方法を開発した。この研究の結果、透過部の大きさに応じた土石流の制御効果が定量的に評価され、目的、条件に応じた鋼管製透過型ダムの設計が可能となった。また、鋼管製透過型ダムの河床から高いところでは、透過部を狭くしなければならないという実務上重要な成果も得た。さらに、現場で問題になりつつある透過型ダムを連続して配置した場合の効果についても水路実験を実施し、配置方法、設計方法について具体的な提案を行った。内容は以下のように要約される。

1. 鋼管製透過型ダムの模型を用いて水路実験を実施し、ダム模型の幾何学的特徴と、土砂濃度や砂礫の粒径等といった土石流の特性との関係からピーク流砂量の減少効果を整理した。その結果、ピーク流砂量減少効果は鋼管間隔のうち最小のものを実験に使用した土砂の最大粒径の比、土石流先頭部の土砂濃度、及び、先頭部の移動速度に強く影響を受けることが分かった。また、それらのパラメータを考慮して、ピーク流砂量減少率の予測式を開発した。これによって、土石流対策計画において期待するピーク流砂量減少効果を発揮できる鋼管製透過型ダムの設計が可能となった。

2. 砂礫の挙動を追跡するためのモデルとして、それぞれの粒子に運動方程式を立て、計算ステップ毎に逐次解いていく個別要素法を用いて、数値シミュレーションを実施した。それぞれの砂礫に作用する力は、常に作用するものとして重力、流水による抗力と浮力、他の砂礫もしくはダム模型、河床との衝突時に作用するものとしてバネ、粘性ダンパー、スライダから構成される相互作用力とした。その結果、ダムによる土石流の捕捉過程、流出土砂量の時間変化の実験結果が説明された。これによって、ダムの設置予定箇所において、総量捕捉効果を発揮できる鋼管製透過型ダムを設計することが可能となった。

3. 土石流の捕捉効果の向上を目的として、河床から高い位置にある上部の透過部を狭くする方法を考案し、ダム模型を用いた水路実験によってその効果を検討した。その結果、上部の鋼管間隔が狭いダムの総流出土砂量は、上部と下部が同じダムのもので比較すると少なくなった。このことから、上部の透過部を狭くすることによって、土石流の後続部に含まれる土砂を捕捉できるようになり、総量捕捉効果が向上することが分かった。

4. 鋼管製透過型ダムを連続して配置する際の土石流のピーク流砂量減少効果と総量捕捉効果を、水路実験に基づいて検討した。その結果、下流側のダムの透過部が上流側のダムのもより小さい場合において、ピーク流砂量減少効果と総量捕捉効果は向上することが分かった。上流側に設置したダムで捕捉された土砂が土石流の後続部に侵食されて流出した時に、

下流側のダムがそれらの土砂を捕捉できない場合もあった。これらのことから、総量捕捉効果を向上させるためには、土砂の粒径が小さく、土砂濃度の低い流れでも閉塞できる程度に、下流側の透過部の大きさを小さくする必要のあることが分かった。

### 論文審査の結果の要旨

平時の土砂流出が多い流域では、不透過型ダムは土石流の発生時まで土砂捕捉容量を維持しにくい。また、魚類等の上下流方向への往来を妨げる。鋼管製透過型ダムはこれらの短所を改良したものである。しかし、この構造物は透過部の大きさを誤ると土石流を制御できない危険性もある。本論文は、この構造物の土石流ピーク流砂量減少効果と総量捕捉効果の機構と、それらの効果を向上させる方法について研究したもので、評価できる点は以下のとおりである。

1. 鋼管製透過型ダムの格子純間隔を幅広く変化させ、また、土砂濃度などの土石流の特徴を変化させるような条件で水路実験を実施し、ピーク流砂量減少効果とダムの幾何学的特徴（鋼管間隔）、土石流の特徴（砂礫の粒径、土砂濃度）の関係を明らかにした。ダムの幾何学的特徴と土石流の特徴を考慮して、ピーク流砂量減少効果の予測式を開発した。この予測式によって、ダム設置予定箇所において、土石流対策計画上で期待するピーク流砂量減少効果を十分に発揮できる透過部の設計を可能とした。

2. 個々の砂礫の挙動を個別要素法で追跡することによって、透過部の閉塞過程を明らかにした。これにより、流出土砂量の時間的変化が説明され、ダム設置予定箇所において、土石流対策計画上期待される総量捕捉効果を十分に発揮できる透過部の設計が可能となった。

3. 鋼管製透過型ダムの総量捕捉効果を向上させるためには、土石流の後続流部に含まれる土砂を捕捉すればよいことを明らかにした。そのためには、河床から高い位置にある上部の透過部分において、鋼管間隔を狭くする必要のあることを明らかにした。

4. 鋼管製透過型ダムを連続して配置した場合の土石流のピーク流砂量減少効果と総流捕捉効果を明らかにした。それらの効果を向上させるためには、下流側に設置するダムの透過部は上流側のものより小さくする必要があることを明らかにした。上流側に設置したダムで捕捉された土砂が土石流の後続部に侵食されて流出した時に、下流側のダムが流出してきた土砂を捕捉できない場合があり、連続して配置する際には土砂の粒径が小さく、土砂濃度の低い流れでも閉塞できる程度に、下流側に設置するダムの透過部の大きさを十分小さくする必要があることを明らかにした。

以上のように、本論文は鋼管製透過型ダムの土石流制御機構を明らかにし、最適な設計と配置方法を開発したものであり、山地保全学および森林科学に貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成11年7月16日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。