

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	新井 宗之
論文題目	転波列性土石流サージの生成機構および その波長・周期に関する基礎的研究		
(論文内容の要旨)			
中国の蒋家溝で観測される粘性土石流や日本の桜島・野尻川等で観測される転波列性の土石流サージ生成機構およびその波長について理論的、実験的な考察を行った。 緒論では、多数の土石流サージとして流下する高濃度流れの生成機構として、流れの不安定性による観点からの検討が、従来の石礫型土石流発生条件などの考えとは全く異なる視点に立った検討であることを説明した。 第1章では、運動方程式の抵抗項に摩擦損失係数(f')を用いた基礎方程式を示し、f'を用いた形で不安定条件を明らかにした。また、Vedernikov型の抵抗則を用いて流れの不安定性による転波列生成条件を示し、抵抗則の違いにより転波列生成条件が異なることを示した。 第2章では、中国雲南省、蒋家溝で観測される粘性土石流の生成機構について流れの不安定性による転波列であることを観測結果から明らかにし、固体粒子を含有する高粘性流体の転波列生成条件を理論的・実験的に明らかにした。高橋らの粘性土石流の抵抗則を基礎方程式の抵抗項に導入し、その生成条件を理論的に解析し、実験結果等によりその条件式の妥当性を明らかにした。すなわち、水深に比して幅の広い矩形断面流路において、水深方向に固体粒子が一樣に分散して流れる層流領域の流れでは、粒子濃度や流体の粘度には影響されず、転波列の生成条件は、フルード数(Fr)と運動量補正係数(β)の関係で表せることを明らかにした。これらの関係は、高粘性流および高粘性流に固体粒子を含有した流れの実験結果と良好な一致を示した。さらに、固体粒子濃度が一樣でない場合について検討し、水深方向に濃度が一樣ではなく一部層状で流れる場合の方が転波列を生成し難い傾向になることを明らかにした。 第3章では、固体粒子を含有する高粘性流れの転波列生成の基礎方程式をもとにして、その転波列の波長について検討した。転波列の波長を流れの最大水深と最小水深を生じる水面形の距離の長さとして解析的に導出した。清水の約50～100倍程度の高粘性の流体の流れと、それに固体粒子を含有した流れの転波列特性について実験を行ったが、ここで導いた転波列の理論波長は実験結果と概ね良く一致し、解析解の妥当性が示された。 固体粒子を含有する高粘性の流れに、不連続面における運動量交換による跳水現象と同様な取扱いをするモデルで最大水深と最小水深の関係を求め、波長を検討した。この結果、理論値が実験結果よりも小さな値となった。この原因は、固体粒子を含む高粘性の流れにおいて、不連続面の水深変化の関係を跳水と同様な形のモデルとして取扱うことが不適切なことによるものであることを示した。 第4章では、泥流タイプの土石流のように、非粘着性粒子を高濃度に含有する流れが、短時間に多数のサージを生成する機構について検討した。新井・高橋の乱流・粒子衝突流動モデルの抵抗則による、流れの不安定性に基づく転波列生成条件を解析的に導出した。その条件は、実験結果および桜島での土石流の観測結果とよく適合することを明らかにした。また、高濃度泥流の転波列サージ生成における濃度分布の影響について、水深方向に一樣な場合よりも濃度差のある場合の方が転波列を生成し難く、さらに濃度差が大きいほど転波列を生成し難いことを明らかにした。 第5章では、泥流タイプの土石流サージの波長について基礎的な検討を行った。固体粒子を含有する乱流構造を有する流れの転波列波長については、流速係数に逆双曲線関数を含んでいて解析的に解くことは困難なため、流速係数を等流水深での定数とする場合と、線形近似する場合について検討した。流速係数を定数とする場合は、実			

験値の方が理論値よりも大きな値を示すが、粘性土石流の場合と同程度の一致であった。しかし、線形近似する場合、理論的な波長は実験結果よりもかなり小さな値となり適切な近似とは言えないことを示した。

以上の基礎的な研究により、土石流の連続するサージが溪岸崩壊などの偶発的な現象の結果ではなく、流れの不安定性による転波列であることが明らかになった。したがって、このような土石流が発生するような溪流に設置される対策構造物の設計に当っては、繰り返し加えられる流体力を考慮する必要があることが示唆された。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

中国の蔣家溝や日本の桜島・野尻川等で観測される転波列性の土石流サージ生成機構は、自然現象として興味のあるものとして長年土石流研究者の間で議論されてきたが未だ解明されていない。本研究は流れの不安定性からこの現象の説明を試みたものであり、評価できる点は以下の通りである。

1. 運動方程式の抵抗項に摩擦損失係数を用いた基礎方程式を示し、不安定条件を明らかにした。
2. 中国雲南省、蔣家溝で観測される粘性土石流の生成機構について流れの不安定性による転波列であることを観測結果から明らかにし、固体粒子を含有する高粘性流体の転波列生成条件を高橋らの粘性土石流の抵抗則を基礎方程式の抵抗項に導入して理論的・実験的に明らかにした。
3. 水深に比して幅の広い矩形断面流路において、水深方向に固体粒子が一様に分散して流れる層流領域の流れでは、粒子濃度や流体の粘度には影響されず、転波列の生成条件は、フルード数と運動量補正係数の関係で表せることを明らかにした。
4. 固体粒子を含有する高粘性流れの転波列生成の基礎方程式をもとにして、転波列の波長について検討し、転波列の波長を流れの最大水深と最小水深を生じる水面形の距離の長さとして解析的に導出した。
5. 清水の約50～100倍程度の高粘性の流体の流れと、それに固体粒子を含有した流れの転波列特性について実験を行い、転波列の理論波長が実験結果と良く一致することから解析解の妥当性を示した。
6. 固体粒子を含有する高粘性の流れに、不連続面における運動量交換による跳水現象と同様な取扱いをするモデルを適用して最大水深と最小水深の関係を求め、転波列の波長を検討した。その結果、理論値が実験結果よりも小さな値となることがわかった。
7. 非粘着性粒子を高濃度に含有する流れが、短時間に多数のサージを生成する機構について検討し、新井・高橋の乱流・粒子衝突流動モデルの抵抗則による流れの不安定性に基づく転波列生成条件を解析的に導出した。

以上のように本論文は、転波列性土石流サージの生成機構を明らかにし、その波長・周期について考察したもので、森林科学、山地保全学、自然災害科学に寄与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22年12月10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。

注) Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日： 年 月 日以降