

曲流部の土石水流制約論的考察

東亜グラウト工業(株) 門間 敬一

1. はじめに

溪流で通過・堆積する水や土石の質・量について、組成という意味では大まかに水・土・石・木（植物）とその大小が挙げられ、運動形態という意味では洪水流・土石流・掃流等とその大小が、堆積形態という意味では滞留水・段丘・砂礫堆等とその大小などが挙げられる。このほか流れの制約条件に谷幅・勾配等がある。水・土・石の洪水流・土石流等について、流下・堆積・洗掘を繰り返す、曲流部における相互の干渉・制約関係を谷幅などの制約条件のもとで、簡明で定性的な考察を土石水流制約論として試み、実証的に為された治山・砂防などの既往施設とその効果等を例示して、上記の妥当性などについて批評を待つものとする。

2. 土石水流と既往施設の例示および論点

2.1. 土石水流の分類と大まかな特徴

土石水流を以下のように分類し、運動とその方向性について、理由を付して大まかな特徴を整理した。

表-1 洪水流など

大まかな比較	直進性	とその理由	落下性	とその理由	曲流性	とその理由	洗掘性	とその理由
(1)洪水	大	水深大 流速大	大	水+浮遊等 自重が大	小	全幅流下 谷・護岸規制	中	土砂濃度 などによる
(2)中小	中	水深中小 流速中	中	水+浮遊 自重が中	中	半川to全幅 護岸規制	大	偏流水衝 などによる
(3)低水	小	水深小 流速小	中	水のみ 自重が小	大	局部流下 砂礫規制	小	落差地点 のみで僅か

表-2 土石流など

大まかな比較	直進性	とその理由	落下性	とその理由	曲流性	とその理由	洗掘性	とその理由
(1)土石流	最大	流動深大 慣性力が大	中	土石+水mir 自重が大	小to中	半川to全幅 谷規制	大	流体力と 衝撃による
(2)掃流砂	小	流水に連動	小	浮力の影響	小	全幅流下	小	入れ替え
洪水	中	流水に連動	中	自重が中	小	谷・護岸規制	小	土砂濃度
中小	小	流水に連動	小	自重が小	中	半川to全幅	小	などによる
(3)浮遊砂	小	浮遊とされる 流水に連動	微小	同 左	小	同 左	小	含有量は崩 壊規模によ

例えば、簡明を期して極端に示すと、「低水」と「土石流」が前後して発生し、その混合流は「土石流」の様相を呈し、「洪水」に「浮遊砂」が含まれても、その混合流は濃く濁った「洪水流」の様相を呈する。

ここでは土石水流の制約論的考察を試みることから、運動の特徴として直進性・落下性・曲流性・洗掘性を掲げ、その大小・卓越性について整理した。例えば、直進性・曲流性について述べると、溪流等の諸元等に基づく境界条件を無視し、水に土石が多く含まれるほど直進性が卓越し、少ないほど曲流性が卓越する。

その理由は既にご承知のように、水は液体であり土石は固体であることに拠る。

2.2. 事例の紹介

2.2.1. 大谷崩れ@安倍川

等高線壕工の理論に立脚した床固工群であり、目的は縦横浸食の防止、土石の面的処理等である。

2.2.2. 大谷川流路工@鬼怒川

現況河道を生かした複断面の床固工群であり、目的は上記に加え河道等の長期的安定等である。

2.2.3 黒岳沢低ダム群@石狩川

自然の力を活かす低ダム群（床固工群）であり、目的は上記とほぼ同様である（写真-1を参照）。

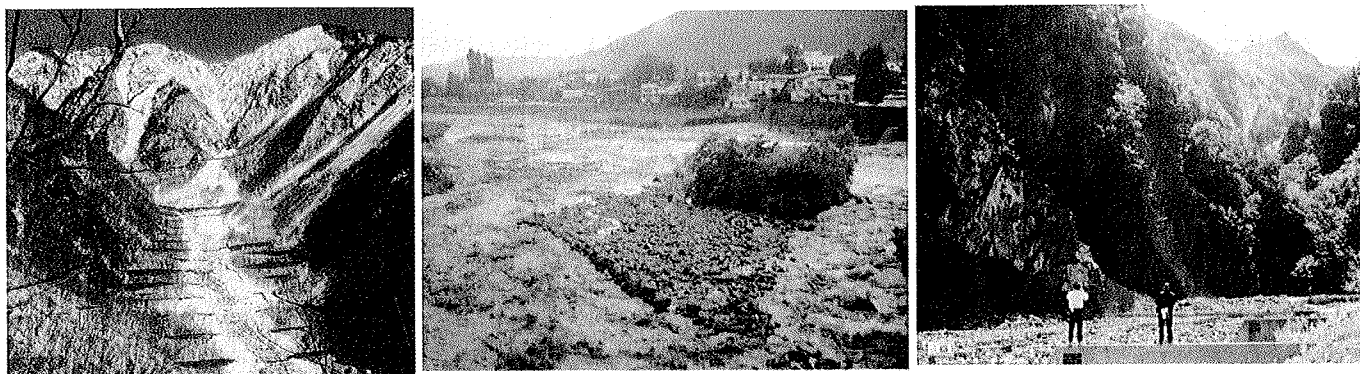


写真-1 大谷崩れ（左）、大谷川流路工（中央：上流より）、黒岳沢低ダム群（右）

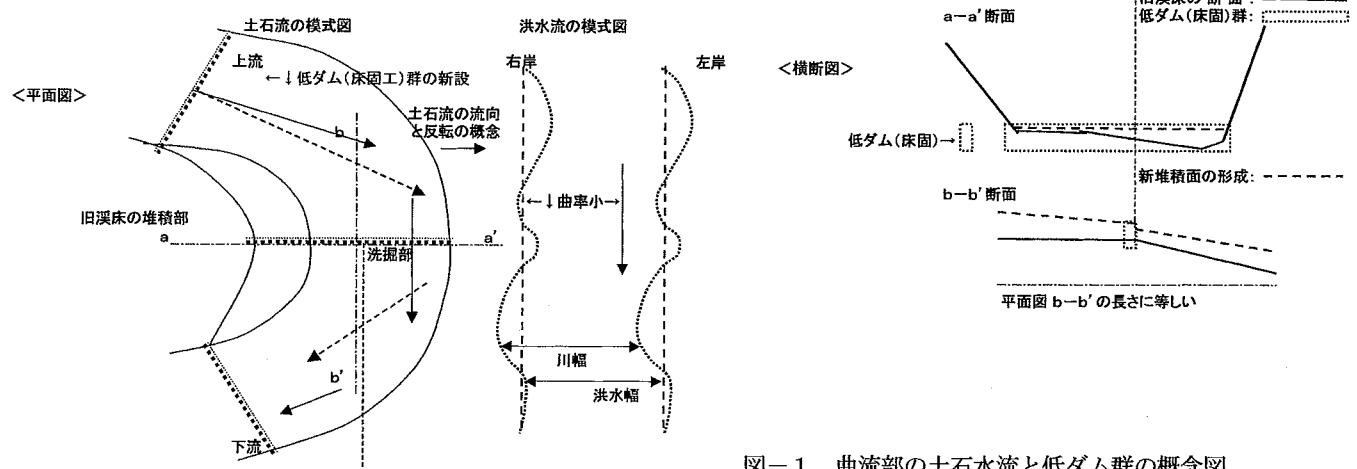
2.3 土石水流制約論の視点

時間軸を設けると、一雨の内に土石水流が前後して異なる様相を呈したり、タイムヒストリーと呼ばれる分析と計量により、結果として残された堆積形状などの解明が可能となる。空間軸を設ければ、斜面や溪流の勾配・広がり・曲率（無次元量）などを考慮し、時間軸に基づく計量結果を評価することが可能となる。簡明な例として、岩盤の露出する狭窄部では、上流側に土石が堆積する傾向にあり、勾配が急激に緩和あるいは溪流幅が極端に広がると、運動形態を問わず土石の分散・堆積という現象が生じる。土石流が堆積した後に、洪水流が通過すると、大きな石は多く残り、掃流による土と比較的均一な石礫が大量に堆積した後に、中洪水流が通過（偏流）すると、堆積した土石の多くが下流の何処かに運ばれる。落石や湧水等を除いて、各種の流域で混合流が多く認められ、大まかな定性的説明に回帰する必要があると考えられる。

1. 考察

「大谷崩れ」では、可能な限り広い低落差の不浸食線を設けることにより、落下・流下してくる崩壊土石を空間的に分散処理し、既に高木の侵入が認められ、所期の目的を達成した。「大谷川流路工」では、遊砂を意識した複断面の床固等を、川幅とほぼ同等の間隔で必ず曲流部の中にも、河況に基づく適切な計画勾配で設置して、土砂供給の不連続性と間歇的な洪水流に対処し、河道の安定に成功している。

「黒岳沢低ダム群」では、可能な限り広い水平な不浸食線を、約 50m あるいは川幅に同等な間隔で最低 3箇所 に設け、その上下流で分散処理することにより、長期に安定した河道および流水処理などを達成した。特に曲流部では、一般に洗掘現象が卓越するアウトカーブ側に土石流を分散・堆積させることに成功した。



図－1 曲流部の土石水流と低ダム群の概念図

i.土石流等は一般に地表流の少ない段階で洪水流に先んじて発生する。ii.土石流が流下する場合、他の流れに比べ直進性などが卓越し、洪水流が溪床の全断面を相当の水深で流下する場合、主勾配に沿って流下する傾向にある。iii.土石流等による堆積土石が再移動するかどうかは、その後の洪水掃流力および石礫とその形状等に依存する。iv.水と土石を分離できれば、土石の流動性が著しく低下することから、不浸食水平線の存在は新たな洗掘を阻止し、複数の不浸食水平線と小さな落差（水の分離と土石流の平坦化）により堆積空間を造り出し、溪流での通常の土石流は停止する。v.曲流部で土石流は対岸に衝突・乗り上げ、さらに転流することから、その勢いは減衰される。vi.曲流部の半径が 50m 程度であれば、半円周はその 3.14 倍であることから、3つの不浸食水平線を約 50m 間隔で設けることになり、土石流は直進性が卓越することから、特にアウトカーブで分散され堆積する。vii.その結果、以降に発生する洪水流はより直線的に流下することになり、僅かな人工工作物を設けることで、流況と河道は自然の力により安定する（以上、図－1 参照）。

前述した成功事例はこれらの定性的な解釈の積み重ねで容易に説明される。

4 まとめ

「大谷崩れ」「大谷川流路工」「黒岳沢低ダム群」の事例は、個別の既往知見と解釈の組み合わせにより、説明されうると考えられ、これらが土石水流制約論の内容と展開手法の入り口を示すものである。

参考文献：

- 1) 建設省中部地方建設局、「中部の砂防小史」、2000 年
- 2) 建設省関東地方建設局日光砂防工事事務所、「悠久の時に刻む」など、1998 年
- 3) 東三郎、「低ダム群工法」：土砂害予防の論理、北海道大学図書刊行会、1982 年