

階段地形上における土石流氾濫に関する基礎的実験と考察

独立行政法人土木研究所 ○三雲 是宏, 秋山 一弥, 栗原 淳一  
株式会社建設技術研究所 関口 定男, 古山 剛, 笹山 隆

1. はじめに

近年, 都市化の進展により土石流災害のおそれのある谷出口付近においても, 人工的に土地の造成が進み, 多くの階段地形が形成されている. 一般的な扇状地形における土石流の氾濫・堆積過程に関する研究成果が報告されているが, 低落差の床固工などが連続的に施工された場所では土砂の流出抑制が確認されており, 階段地形でも同様の機能が予想される. このような背景を受けて, 階段地形を含む氾濫域における土石流の氾濫範囲を推定し, 被害予測を正確に行う手法を検討する必要がある. 本研究は, 階段地形を含む氾濫域における土石流の氾濫特性を明らかにし, その氾濫範囲推定の精度向上を図ることを目的に実施するものである. まず, 階段地形の事例を収集し, 階段地形の形状の分析を行った. その上で, 土石流を斜路(階段のない一様勾配の地形)および階段状の河床で流下させ, 特徴比較を行う水理模型実験を実施した. その結果から, 階段地形の形状(長さ, 幅等)や階段地形の有無による土石流の氾濫・堆積形態の変化を把握し, 階段地形の形状と氾濫範囲との関係について考察した.

2. 階段地形に関する実態

実際に形成されている階段地形の実態を調査し, 土石流の氾濫範囲の諸元との関係を考察した. 調査は平成15年より過去10年以内に階段地形を呈する区域で実際に土石流が発生したケースを対象とした. その結果, 29の事例を収集し, それらの地形や氾濫域との関係について整理した.

2.1 階段地形形状

以下において, 平坦部, 階段部, 比高, 平均勾配および流下距離を図-1のように定義する.

①平坦部の流下方向距離

平坦部とは, 階段地形上の平坦な地形部をいう. 調査対象の中で最も頻度が多い流下方向距離は16~20mで, 10mから30mで全体の半数以上を占めた. わが国の一般的な家屋の一辺の長さが10m前後であるので, 平坦部の流下方向距離は家屋1~2軒程度の広さを有していることになる.

②比高

階段部の比高は, 0.5~2mが平均的である. 階段部の平均的な比高は家屋の高さよりも低い. 後述する実験結果から明らかのように, この比高によって堆積長さが大きく変わる.

③階段の数

階段数について見ると, 4段までのものが全体の半数超となっているが, 20段のものもあった. これは, 平成11年広島災害の屋代川のケースで, 比高が約1m, 平坦部の流下方向距離が平均で12m, 階段数が20であった.

2.2 階段地形が堆積に与える影響

次に, 土石流の堆積長と階段地形の関係について整理した. 溪流によって水理条件, 地形条件などが異なるので厳密に比較することは難しいが, 概略の関係を示した.

①階段数と堆積距離

中勾配(5~8°)の階段地形について見ると, 平坦部が占める割合が多くなると堆積距離が短くなる(図-2). なお, 平坦部が占める割合とは, 図-1に示すように平坦部の流下方向距離の和Dが全水平距離D<sub>total</sub>に占める割合をいう.

②階段の比高と堆積距離

階段地形について階段の比高と堆積距離の関係を図-3に示す. 堆積距離は, 比高が大きくなるに従って落下流を形成し堆積距離が短くなるのが想定されたが, 図-3からそのような関係が明確に見られるわけではない. 但し, 堆積距離の上限については, 比高が高くなるにつれ短くなる傾向が見られる. 従って, 実験等により比高と階段の数が堆積距離にどのように関係するのかについてより詳細に解析する必要があると考えられる.

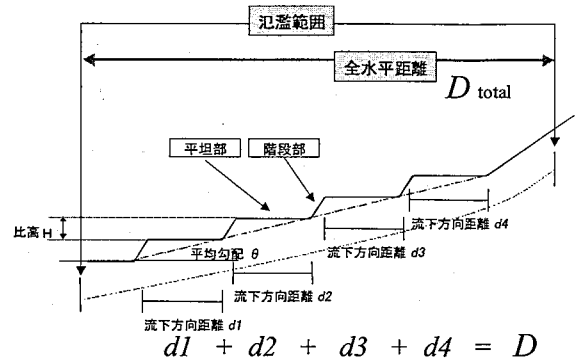


図-1 階段地形における各部の定義

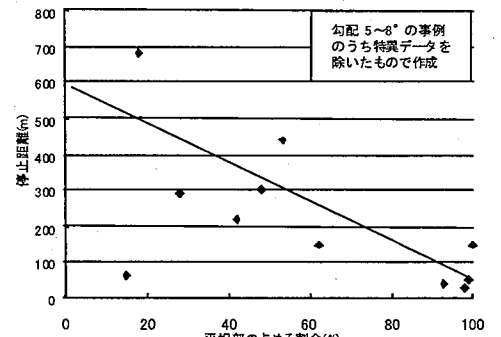


図-2 平坦部の占める割合と停止距離

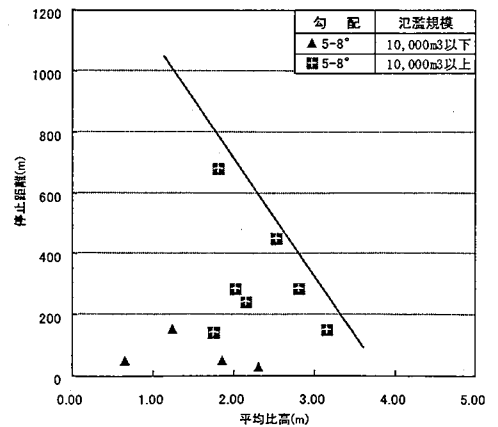


図-3 平均比高と停止距離

### 3. 水理模型実験

図-4 に示すような階段地形を模した模型を作成し、土石流を階段のない斜路および階段状地形に流下堆積させた。その結果から、階段地形の形状（長さ、幅等）や階段地形の有無による土石流の氾濫・堆積形態の変化を把握し、階段地形の形状と氾濫範囲との関係を検討した。実験条件は、階段地形を有し平成 11 年広島災害で被災した屋代川などの数箇所での氾濫実績をもとに、氾濫区間勾配(A-B間:4°, 8°, 10°), 流下部勾配(10°, 15°), 100m あたり階段数(3, 5, 10), 平均粒径(0.3m, 0.051m), 総流量(3,600m<sup>3</sup>, 10,000m<sup>3</sup>)等の諸条件を設定し、合計 49 ケースについて実験を行った。なお、模型の縮尺は 1/60 としている。

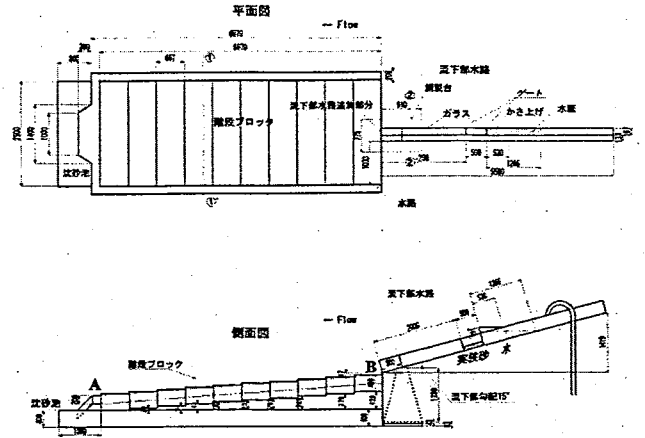


図-4 実験模型（階段地形の場合）

### 4. 実験結果

実験による流下の一例を図-5 に示す。実験で計測した項目は、到達距離、堆積幅および堆積高であり、比高、土石流総流量、土砂濃度および粒径の変化に伴う到達距離の変化を軸に観察した。確認できた事項を次に示す。なお、2. で調査した 29 例の約 7 割を占める「平均的な比高」(0.5~2.0m)の範囲を図-6~8 に併せて示す(注: 図中において、L<sub>0</sub> は階段なしの場合の到達距離、L は階段ありの場合の到達距離を表す)。

① 氾濫区間勾配が同じ場合、平均比高が増加するにつれて到達距離の比(L/L<sub>0</sub>)は減少する。その減少率は比高の増加に伴って変化し、比高が大きいくほどその値は小さくなる。特にわずかな比高でも L/L<sub>0</sub> の値は大きく減少する傾向を見せ、逆に比高が 3m を超えると L/L<sub>0</sub> の減少割合は鈍くなる。前述した「平均的な比高」の範囲では、階段のない場合に比べ到達距離の比は 0.8~0.35 の範囲で減少し、到達距離が短くなっている。これらのことから、階段地形の有無ならびに比高の大小により土石流の到達に影響を及ぼすといえる(図-6)。

② 土石流総流量が大きいほど到達距離の比(L/L<sub>0</sub>)は大きくなり、到達距離がのびることがわかる。土石流総流量が 10,000m<sup>3</sup> の場合(白抜きプロット分)、到達距離の比が 0.5~0.7 であるが、3,600m<sup>3</sup> の場合は 0.4~0.6 である(図-6)。

③ 土石流濃度の大小による到達距離の比(L/L<sub>0</sub>)に大きな変化はみられない(図-7)。

④ 粒径の大小による到達距離の比(L/L<sub>0</sub>)に大きな変化はみられない(図-8)。

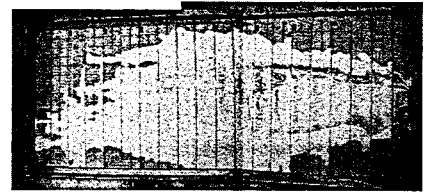


図-5 実験による流下の一例

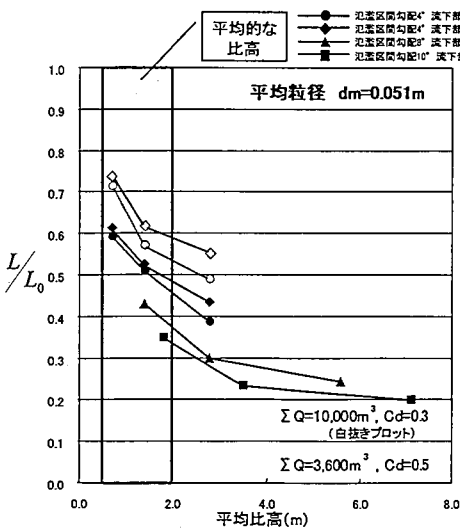


図-6 平均比高と到達距離の比  
(土石流総流量での比較)

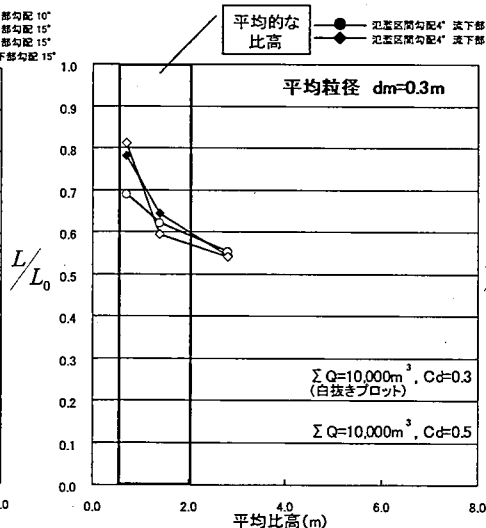


図-7 平均比高と到達距離の比  
(土石流濃度 Cd での比較)

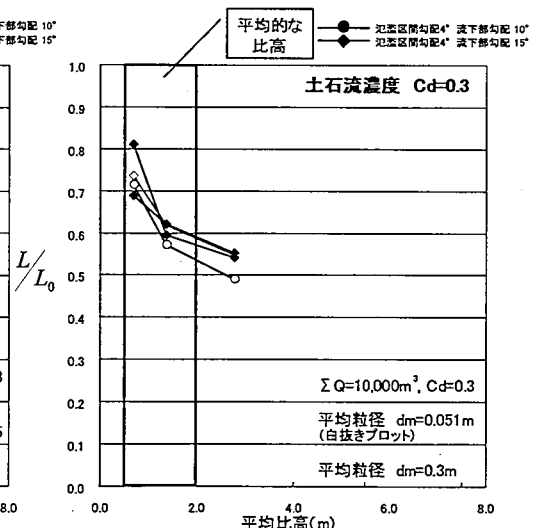


図-8 粒径と到達距離の比  
(平均粒径 dm での比較)

### 5. おわりに

階段地形上での土石流氾濫については、階段部における比高の大きさが到達距離に影響することが分かった。これに加え、今後は平坦部における水平区間距離による到達距離への影響の大きさについても検討を加えて行きたい。

#### <参考文献>

1) 水山高久・栗原淳一：多段落差工の水理と水位上昇防止工法，新砂防 Vol. 42 No. 2(163) Jul. 1989, PP. 11-15