

河川の氾濫と角度の関係

寺元 音羽 西井 優太 池澤 亮

1. 研究目的

近年日本では河川の氾濫による浸水などの被害が増加している。また、その氾濫の多くは、二つの川の合流点で発生している。河川の合流には、川幅の比や流量など様々な条件が存在するが、中でも合流角度によっては川の流速などが変化し、水位の上昇にも違いが生じると考えられる。本研究では、モデル実験を行い、合流角度と水位変化の仕方の関係について調べた。

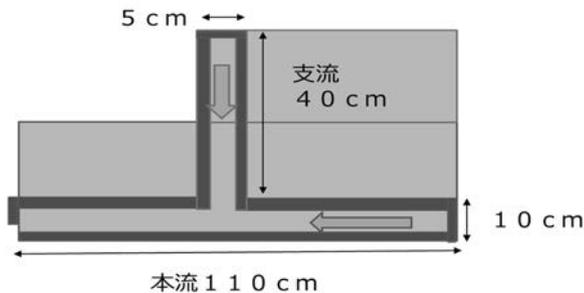
2. 先行研究

2012年の中谷氏らによる「土石流の合流角度が本川合流点の堆積に及ぼす影響」の研究では、図1のような装置を用いて異なる合流角度における水位・堆積厚変化を水路実験により検討していた。なお、本川水路の河床勾配は 5° 、支川水路の河床勾配は 15° であり、本川流量を変化させた実験も行っていた。計測点は合流点と合流点下流の2か所である。合流点では 90° のとき、特に顕著な土砂堆積が見られた。また、合流角度の小さい 60° では、土石流合流は合流点の堆積にそれほど影響は見られなかった。

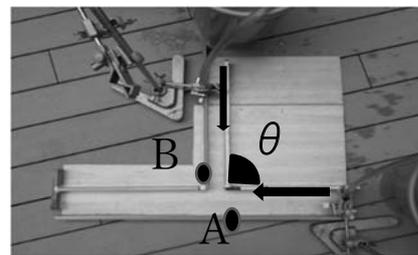


(図1) 先行研究で使われた実験装置

3. 実験



(図2) 実験装置の寸法



(図3) 実験装置の配置

先行研究では支川水路で土石流が発生し、本川水路に合流する場合について検討しているのに対し、本研究では、水のみが合流する場合に合流角度と氾濫にどのような関係があるかを調べることにした。実験装置として、図1の装置の形状を参考にした図2、3のような河川のモデルを制作した。装置は、主に木材を使用し、土台の板に堤防に見立てた木片を設置して、水の排出口には、水位を保つために排出する水量を制限する板を設置した。

木材の表面にニスを塗り、接続部はパテと防水テープを用いて、接続、防水加工を行った。また、図3より右から流れる河川を本流、上から流れる河川を支流として設定した。

本流上流部から見て支流は、本流に対して右側から合流する。本流、支流ともに傾斜は付けていないが、片方の出口を完全にふさいでいるため、図2のように水は流れるようになっている。そして、川幅は、本流を10 cm、支流を5 cm、川の長さは本流を110 cm、支流を40 cmに設定した。水の供給にはサイフォンの原理を用いることで実験ごとに同じ量の水を流すことができるようにした。計測点は、合流地点の、上流から見て本流左岸をA、支流右岸をBとし、それぞれの地点の壁面に水位測定用の目盛りをつけ二か所の水位を計測できるようにした。本研究における合流角度とは本流右岸と支流左岸によってできる角度のことをさし、図3内に θ として示した部分である。

また、実験によって測定する水位の変化から氾濫の起こりやすさについて考えるための指標として最高水位と

水位の上昇速度を用いる。私たちは、予備実験として合流角度 75° と 90° で実際に装置に水を流し、10秒ごとの水位をグラフに表したところ、ある点をピークに水位が減少することが分かった。この点は、川への流入量と排出量が等しくなる点であり、この点の水位を計測することで水位の上昇する最大値を求められると考えた。そこで、水位がピークに達した時のこの点の水位を最高水位として定義した。

水位の上昇速度は、0秒から20秒までの水位変化の大きい時間の1秒当たりの水位の増加量を表すために用いることにした。求め方は、まず、20秒までの時間ごとの水位の変化をグラフ化し、次に、そのグラフの原点を通る近似直線を表し、その傾きを求める。この求めた傾きを水位の上昇速度とする。

仮説として、最高水位と水位の上昇速度の値は、合流角度が 90° に近づくほど大きくなると考えた。その理由として、実際に氾濫が起こった岡山県の高梁川と小田川や岐阜県の白川と飛騨川などの合流角度は 80° を超えるような大きい角度であったことが挙げられる。

<実験方法>

- ・準備物

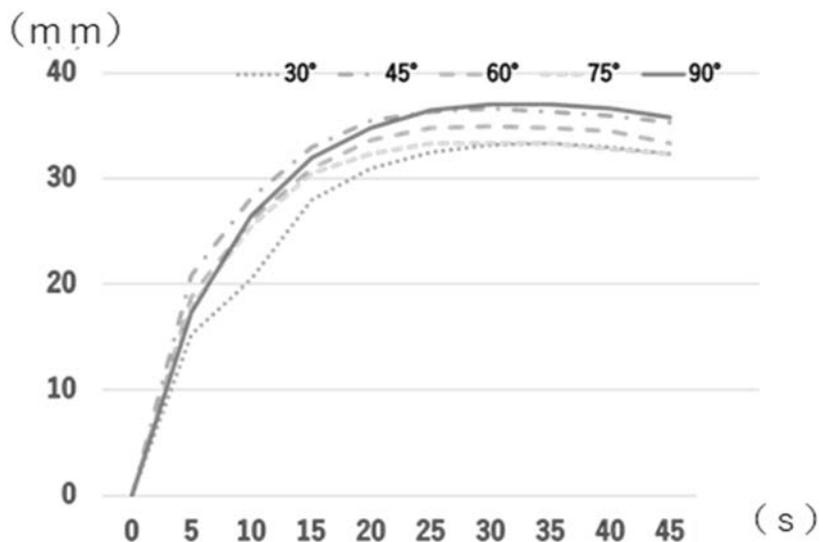
装置、カメラ、スタンド、バケツ、ホース、ゴム栓、台

- ・実験手順

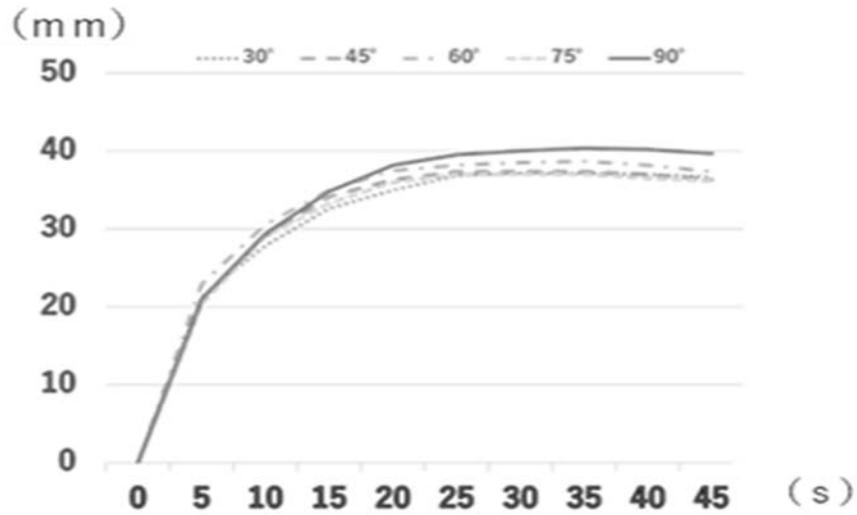
- ① 2つのバケツに15Lずつ水を入れ、本流、支流の上流部にそれぞれ1つずつ台に乗せて置く。このとき台は同じ形状、高さのものを用いる。
- ② ホース内部を水で満たした後、ホースの口を下向きにしてスタンドに固定し、AとBを撮影するカメラを設置する。このときにホースの口はゴム栓でとじておく。
- ③ 本流、支流側のホースから同時にゴム栓を外して水を流し、その様子をカメラで録画する。
- ④ 30° から 15° ずつ 90° まで合流角度を変えて、①から③の手順を各角度3回ずつくり返し行う。
- ⑤ カメラに流水が映った瞬間を0秒として、録画した映像から5秒ごとの水位を記録し、角度ごとに3回の水位の平均をとる。
- ⑥ ⑤から得られたデータから最高水位と水位の上昇速度を求める。

4. 結果

図4、図5は各角度の水位変化をグラフ化したものである。これらは最高水位と水位の上昇速度を求める際に利用する。

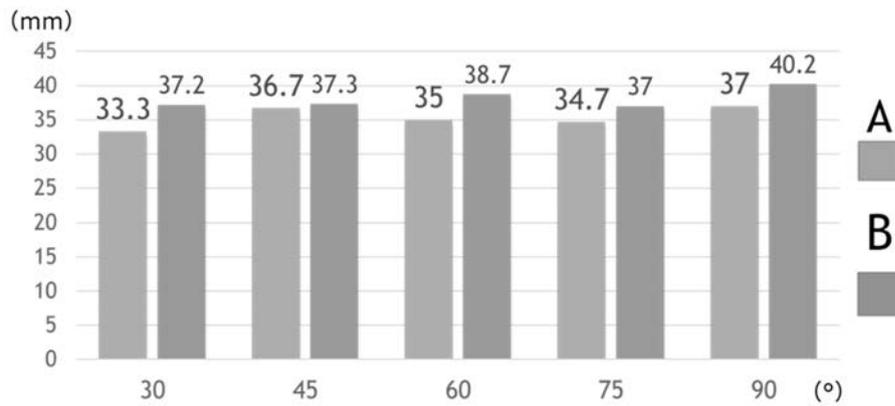


(図4) Aでの時間ごとの水位変化



(図5) B での時間ごとの水位変化

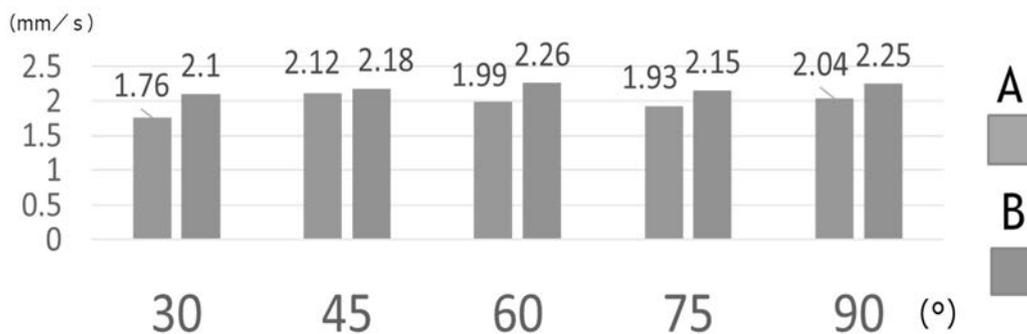
4.1 最高水位について



(図6) 各角度の最高水位を棒グラフ表示したもの

図6は、各角度における最高水位を棒グラフ化したものである。AとBを比較すると、すべての角度でBの方がAよりも最高水位が高くなったが、Aのみの比較では、角度間で最高水位の値に大きな差がなかった。Bのみを比較すると、最大の角度である90°で最も高くなった。また、90°以外の角度では60°で少し高くなったが、大きな差は見られなかった。90°の時にB側で最も水位が高くなったという点は先行研究と類似する結果となった。

4.2 水位の上昇速度について

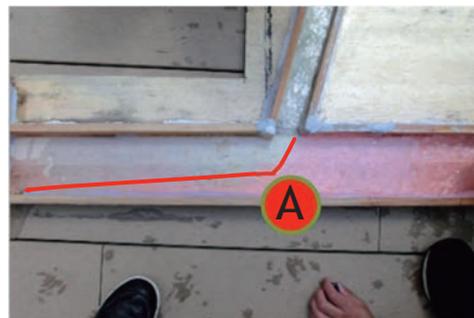


(図7) 水位の上昇速度

図7は、各角度における水位の上昇速度を棒グラフ化したものである。上昇速度の平均値は、Aで1.97mm/s、Bで2.19mm/sとなった。これらの結果からA,B両方共、それぞれの角度間の水位の上昇速度の値に規則性は見られなかった。A,Bそれぞれ水位の上昇速度の平均値を計算してみると、Bの方がAより大きくなった。

5. 追加実験

結果4.1の最高水位の結果を受けて、Aで各角度間の最高水位の差があまり見られなかった原因を調べるために、次の手順で実験を行った。支流からは青で着色した水を、本流からは赤で着色した水を同時に3回流し、Aの水の流れを観察した。図8は河川の流れを可視化した時のAの水の流れを撮影したものである。支流の水がAまで達しておらず、3回ともほぼ本流の水のみがAを流れているため、最高水位に差が出ないと考えた。



(図8) 河川の流れを可視化した時の様子

6. 考察

6.1 最高水位

すべての角度でBの水位のほうがAよりも高くなったのは、支流の水が本流に合流する際、本流の流れにせき止められることで、本流に合流できる水が制限されるため、支流側の水位が高くなったと考えた。そして、90°の時にだけ水位が特に高くなったのは、本流支流が直交するため、せき止められる水の量が多くなり合流できる水の量が減少したことが考えられる。

6.2 水位の上昇速度

まず、仮説に反し、A,Bどちらの地点も、それぞれの角度間の水位の上昇速度の値に規則性は見られなかった原因を考察する。1つは、今回の実験で私たちが行った水位の上昇速度の測り方は、図4、図5より水を流し始めた瞬間から最高水位に達するまでの時間によって値が左右される。最高水位に達する時間には規則性が見られないため、上昇速度の値にも規則性が見られなかったと考えられる。次に挙げられる原因として、実験の試行回数が不足していたため、データにばらつきが生じたことである。

次に、A,Bそれぞれ水位の上昇速度の平均値を比較した際、Bの方がAより大きくなった原因を考察する。今回の実験の設計では、支流の方が本流より川幅が狭くなるようにしていたため、川幅の狭い支流側のBで水位が上昇しやすくなったからと考えた。これらの考察をふまえ、私達は水位の上昇速度は合流角度によって変化はしないと考えた。

7. 結論

最高水位は、Aは角度間に大きな差が見られず、Bでも90°で比較的高くなったこと以外は、角度間に大きな差が見られなかった。水位の上昇速度も合流角度の変化による規則性は見られなかった。よって、河川の合流角度と氾濫にははっきりとした関係性は見られないと考えた。また、今回の実験で試行回数不足により、データの量が少なかったため、実験の試行回数を増やして、より多くのデータを得る必要がある。さらに、支流と本流の川幅の差によってA,Bの水位の上昇速度に差が生じると考えられたため、支流と本流の川幅の差がない条件でも実験を行い、川幅が水位の上昇速度に影響を与えるか今後の研究で明らかにしたい。

8. 参考文献

- ・サイフォンの原理を説明してみる 2021-6-14
<https://laboradian.com/principle-of-siphon/> (参照 2021-12-10)
- ・土石流の合流角度が本川合流点の堆積に及ぼす影響 2012-9-30
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejhe/69/4/69_156/pdf-char/ja (参照 2021-6-15)
- ・台風19号、支流逆流で被害拡大！バックウォーター現象に対策は！？ 2019-11-4
<https://dot.asahi.com/area/2019102800025.html> (参照 2021-6-11)