

拡幅域を有する水路の洪水伝播現象に関する実験的検討

名城大学/東北大学災害研 正会員 溝口 敦子
 名城大学 学生会員 ○小野 貴裕
 名城大学 非会員 古戸 彩貴

1. はじめに

川幅の変化は、洪水時の河川水位を縦断方向に変化させる。例えば、令和元年洪水時の千曲川の破堤では、川幅が急縮する狭窄部の上流で水位が堰上がり越水が起きた。一方で、狭窄部上流で起こる水位の堰上げは、そこに存在する水を増やすため、河道内貯留につながる。例えば、竹村ら¹⁾は、山間狭窄部に着目した解析により河道内貯留に関する考察を行っている。ただし、非定常流量が引き起こす現象に関する検討は数値解析的な研究が多く、かつ既往の検討²⁾で見られた拡幅域特有の流れを踏まえると、実現象を確認する必要がある。そこで本研究では拡幅域を有する水路に非定常流量を流す基礎実験を行い、洪水伝播特性を調べた。

2. 実験概要

実験は、幅 60cm の水路を用いて図-1 のように塩ビで区切って幅 20cm の水路を設定して実施する。底面は平均粒径 0.88mm 程度の三河珪砂 4 号を張り付けた塩ビ板を敷き、水路勾配は 1/200 と 1/50 に設定する。

この実験では、水路の途中 2m 区間に幅 30cm または 60cm 拡幅域を設けた場合と、拡幅域を設けない幅一定の場合とで非定常流量を通水し各場所の水位変化をガラス壁側からのカメラ撮影と超音波水位センサーを用いて調べた。なお、拡幅幅 30cm のときは勾配 1/200 のみで実施している。また、 $X=3.4$ と 5.4 , 12.6 と 14.6 の間でフロートを流し表面流速を計測するなど流れも把握した。

実験では、図-2 の形を目標供給流量ハイドログラフとし、減水時間 T_2 を 120s, 初期流量 (Q_{\min}) $0.003\text{m}^3/\text{s}$ は固定し増水時間 T_1 を 30s, 60s, 90s, 120s, ピーク流量 (Q_{\max}) を 0.006 , 0.009 , $0.012\text{m}^3/\text{s}$ にそれぞれ変えて電磁流量計と電磁流量バルブにて自動制御して通水する。ただし、機械的限界から、目標流量ハイドログラフと実流量は差が生じる。それを手動で調整しながら目標の流量ハイドログラフに近づけるよう非定常流量を通水した。

3. 一定流量通水時の水位計測結果と貯留量

拡幅幅 60cm の水路に限定し一定流量通水時の $Y=10\text{cm}$ における水位計測結果を図-3 に示す。なお、条件によって拡幅域の水位が横断方向に変化するため、拡幅域部分では $Y=45\text{cm}$ の水位も示す。この計測結果を用いて、各流量通水時に拡幅域に存在する水の体積を貯水量として換算し、幅 20cm の直線流路 2m 区間の水量と比較すると、図-4 となる。各流量通水時に拡幅域 2m 区間に存在する水の量を貯水量として、流量との関係を見ると、貯水量は幅が大きく勾配が緩いほど増える。ただし、勾配 1/50 拡幅幅 60cm のケースでは拡幅域上流急拡部で射流となり水位が下がるため幅 20cm の直線水路に対する体積比が増えるとは限らない結果となった。

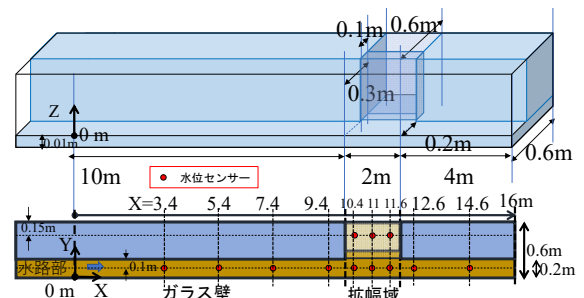


図-1 実験装置概要（上図：立体図，下図：平面図）

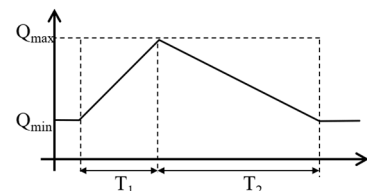


図-2 供給流量ハイドログラフ

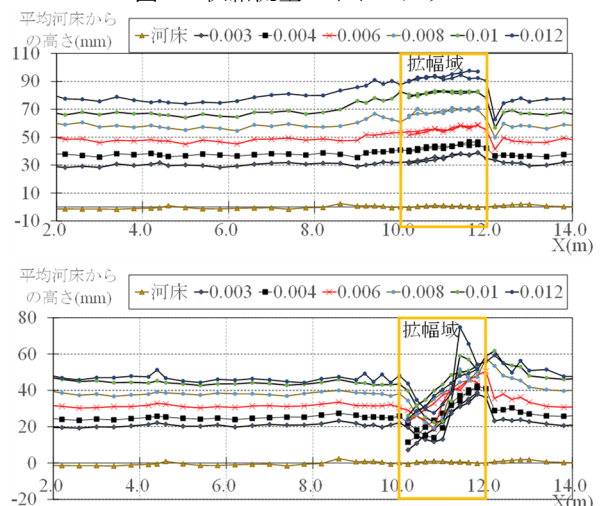


図-3 水位縦断変化（上図：勾配1/200，下図：1/50）

4. 非定常流量通水実験結果

勾配 1/200, 拡幅幅 60cm の T_1 を 30s と 60s とした実験ケースに絞り, 洪水波伝播の様子として水位時間変化を図-5 に示す. また, 各場所の水位時間変化を参考に, 各地点のピーク発生時間, 水位上昇開始時間やピーク水位の縦断変化を調べた. ただし, 水位上昇開始時間は計測値のぶれから, 初期水位から 5mm 上昇した時間とした. 例として, 勾配 1/200, 直線水路と幅 30cm, 60cm の拡幅域を有する水路にピーク流量 (Q_{max}) 0.012m³/s, 増水時間 T_1 を 30s, 60s で通水した際の各場所の水位上昇開始時間とピーク水位発生時間を図-6 に示す. なお, 各ケースを比較しやすいようにこの図では水位計最上流設置位置の水位上昇開始時間を 0 秒とした. また, この図では, 勾配が緩いほど水位上昇の伝播が速いことを意味する.

上記のような結果の整理から, 以下のことがわかった. まず, 本実験条件では, 直線水路でも緩勾配の 1/200, 増水時間が短いケースでは流下とともにピーク水位はわずかに低下する. これに対し, 幅 60cm の拡幅域を有する場合, 流量が大きくなれば水位上昇をするが, 増水時間が短いと上昇量がおいつかずピーク流量発生時間が拡幅域で遅れ, かつ下流へのピーク水位低下を引き起こした. 一方幅 30cm の拡幅域を有する場合, 拡幅域の水位上昇はスムーズに起こり今回の設定では直線水路とあまり変化が得られない結果となった. つまり貯水量が関係する結果となった. 加えて, 急勾配の直線水路は洪水波の変形は確認されにくかったが, 幅 60cm の拡幅域を有する場合はピーク水位発生時間の遅れなどが確認された.

5. おわりに

上記のように, 非定常流量供給時の洪水波の伝播現象を直線流路と拡幅域を有する水路で確認できた. 今後, 非定常流量下での拡幅域流れの特徴とともに現象の発生機構を追求する予定である.

謝辞: 本研究の一部は JSPS 科研費 (20H02254, 代表: 木村一郎) の助成を受け実施された. ここに記して謝意を表す.

参考文献: 1) 竹村吉晴, 福岡捷二: 非定常平面二次元流れにおける洪水遊水量の評価法と北上川山間狭隘河道における洪水流の流量と水位ハイドログラフの伝播機構, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.70, No.40, pp. I 721-I 726, 2014. 2) 溝口敦子ら: 拡幅域を有する水路の水位縦断変化と土砂堆積特性に関する実験的検討, 令和3年度土木学会中部支部研究発表会概要集, 2022.

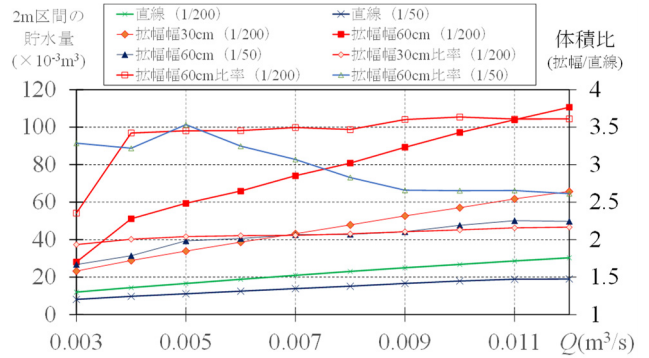


図-4 各流量時の2m区間貯水量と貯水体積比

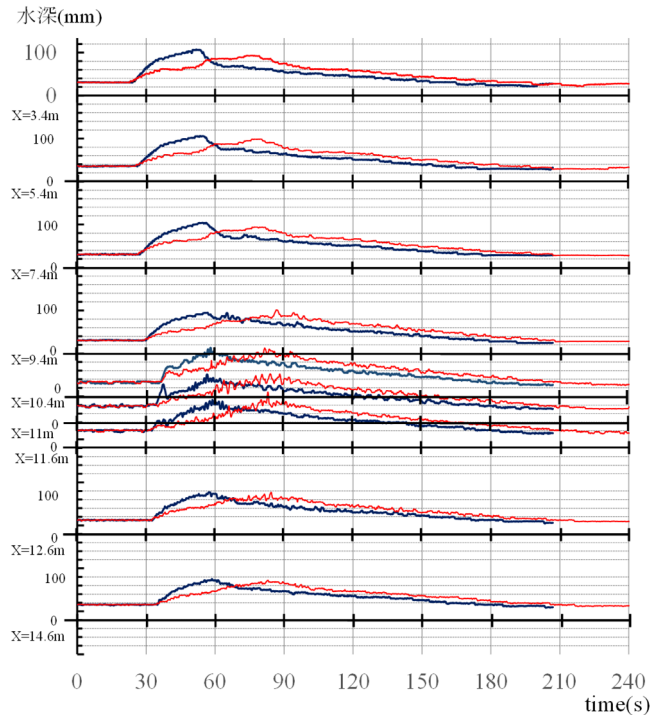
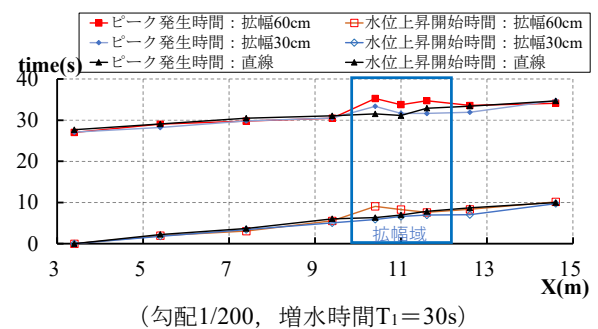
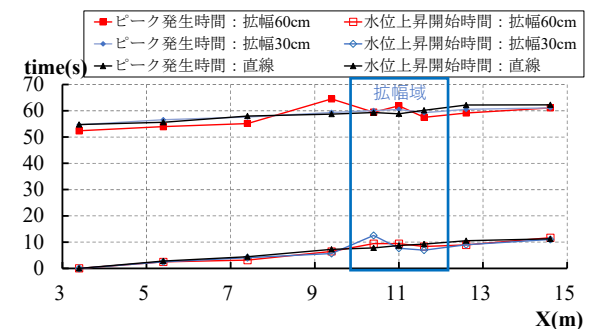


図-5 各場所の水位変化 (勾配 1/200, 拡幅幅 60cm) 黒線: $T_1=30s$, 赤線: $T_1=60s$



(勾配1/200, 増水時間 $T_1=30s$)



(勾配1/200, 増水時間 $T_1=60s$)

図-6 水位上昇開始とピーク水位発生時間縦断変化