## 破堤氾濫流に対する樹林帯の減災機能について

九州工業大学大学院	学生会員	○岡村	賢治	九州工業大学大学院	フェロー会員	秋山壽一	郎
九州工業大学大学院	正 会 員	重枝	未玲	九州工業大学工学部	学生会員	清水 明	美

1. はじめに

本研究は,砂質堤を用いた越水破堤の模型実験と有限体積法・非構造格子・FDSに基づく平面2次元自由表面流 モデルを用いた数値解析(以下「本解析」という)に基づき,樹林帯に期待される流勢緩和・流向制御等の機能につ いて検討を加えたものである.

## 2. 実験の概要

実験装置は、矩形断面水路(長さ=3.8(m),幅B=0.4(m),粗度係数n=0.01)の左岸側に法面勾配2割の堤防(高さY=0.05(m),堤防敷幅T=0.25(m))を設け、堤防部の一部の区間(長さS=0.8(m))を砂質堤とし、堤防裏法尻を始点として氾濫原に樹林帯(長さ=3.8(m),幅 $L_T$ =0.20(m))を設けたものである.なお、 $L_T$ は破堤部の越流状態がもぐり越流状態となるように設定した.河道部右岸側は壁面、氾濫原部の境界①と③は壁面、境界②は刃形堰(堰高s)で、河道部の河床、堤防敷と氾濫原部は同じ高さに設定されている.

実験装置と重要な諸量を図-1に示す.砂質堤は,豊浦標準砂(粒径150~300(µm))を用い,含水比(=14%)と砂質量(=10(kg))を一定に保った状態で作成した.氾濫原部には建物を模したA~Jの立方体(0.06×0.06(m))を図-1に示すように設置した.なお,全国中枢都市における建物占有率が10~40%であること<sup>1)</sup>を踏まえ,本実験ではこれを11%とした.

実験は、砂質堤の天端に切欠き(幅0.03(m))を設け、河道上流から一定流量 $Q_{IN}(=0.0106(m^3/s))$ を通水し、樹林帯無 設置で完全越流~もぐり越流状態の破堤氾濫流を再現した(CASE N-O). また、破堤部の越流状態が完全越流状態, 完全越流からもぐり越流への遷移状態(以下「遷移状態」という)、もぐり越流状態となる時刻で通水を止め、セメ ントスプレーで砂質堤部を固め、樹林帯無設置あるいは設置の場合について定常状態の破堤氾濫流を再現した (CASE N, T-A~C). なお、模型樹林帯にはプラスチック製の多孔体(透過係数 $K_T$ , 空隙率0.91%)を用いた. 透過係数  $K_T$ は水路(長さ8(m), 幅0.4(m), 河床粗度0.014)を用い、 $K_T=(q/h)/I_e^{1/2}$ より算定した(CASE K). 実験条件を表-1に示す.

CASE N, Tでの測定項目は、水深h, 天端中央での天端拡幅幅L(t), 破堤部での越流状態(完全/もぐり), 破堤口 形状,表面流速ベクトルV<sub>s</sub>,各構造物に働く流体力D,河道部での流入流量Q<sub>IN</sub>と流出流量Q<sub>OUT</sub>(t)である.hはポイ ントゲージを用い,L(t)は画像解析より定め,越流状態は破堤部での波紋から推定した.破堤口形状はレーザー変 位計で測定した.V<sub>s</sub>はPTV解析より求めた.Dは,3分力計を用い測定した.また,Q<sub>IN</sub>,Q<sub>OUT</sub>(t)はそれぞれ電磁流 量計と量水枡により計測した.

## 3.実験結果と解析の検証

CASE Kより, 模型樹林帯の $K_{\rm T}$ の値は, Froude数 $Fr(=q/(gh^3)^{1/2})$ の値によらず $K_{\rm T} \doteq 0.38$ (m/s)のように得られた. なお, 実スケールに換算すると3.8(m/s)程度で, 乙津川のメダケ林( $K_{\rm T} = 5.5$ (m/s)<sup>2</sup>), 江の川のモウソウチク林( $K_{\rm T} = 2.65$ (m/s)<sup>3</sup>)の中間の植生に相当する.

図-2はCASE N-OのL(t)および氾濫流量Q(t)(=Q<sub>IN</sub>-Q<sub>OUT</sub>(t))の経時変化を,既往の関係<sup>4)</sup>も併せて示したものである. ややばらつきは認められるものの,本実験の再現性は良好である.また,破堤部を矩形断面(非侵食性堤体)とした 既往の実験<sup>5)</sup>では,下流側の破堤部に強い水あたりが見られたが,本実験では,拡幅進行とともに水あたり箇所が 侵食され,経過時間ごとに流出水の流向と破堤口形状が変化していくことが観察された. CASE N-Oより,破堤部









の越流状態が完全越流,遷移,もぐり越流状態となる時刻t (越流開始時刻をt=0)を,それぞれt=60(CASE N, T-A), 90(CASE N, T-B), 210(s)(CASE N, T-C)とした.

図-3はCASE N-OとCASE N-A~CのL(t)およびQ(t)の経時変化を比較したものである.これからわかるように, 非定常状態と定常状態とにL(t)およびQ(t)の顕著な違いは認められない.以下では,破堤氾濫流を定常状態で再現 したCASE N, T-A~Cの実験,本解析結果に基づき,樹林帯が破堤氾濫流に及ぼす影響について検討を加えると ともに,本解析の再現精度を検証する.

図-4はCASE N, T-A~Cのh, Vsの実験結果と解析結果の一例を示したものである. これより, 例えばCASE N, T-Aのように破堤幅が小さい状態では, 河川水はほぼ正面流出するため, 破堤部から離れた河道下流側に位置する 構造物(構造物E, J)では樹林帯設置により水あたりが強くなるものの, 樹林帯による氾濫流の流向制御, 水流分散 機能が確認できる. 解析結果では, 構造物背後で流れの加速・縮流が起こるような箇所ではやや相違が見られる ものの, 樹林帯の有無にかかわらず全体的な流況を良好に再現していることが確認できる.

図-5はCASE N, T-A~CのQ(t)および構造物周辺におけるhとDの樹林帯設置による変化を示したものである. な お,下付きのT(h<sub>T</sub>,D<sub>T</sub>)は樹林帯設置の条件を示している.本実験条件下では,氾濫流量と水深については,① 樹 林帯の流水抵抗により破堤部の越流水が堰上げられ,氾濫流量が減少し,河道部では水深が上昇する. 例えば, CASE N, T-A~Cでは氾濫流量が最大で約7%低減され,破堤部近傍の河道中央の水深が約3%上昇する. ② 樹林 帯による氾濫流量の抑制効果のために,氾濫原の水深は概ねCASE Nと同等かそれ以下となり,構造物周辺で最大 で約20%低減される. 流体力については,① 破堤部近傍の構造物(構造物B, C)を中心に流体力は約10~80%程度 低減する.② 破堤部から離れた河道下流側に位置する構造物(構造物E)では,樹林帯設置により水あたりが強くな る構造物が発生する.例えばCASE N, T-Aの構造物Eでは樹林帯無設置と比して8倍程度大きな流体力となる.

以上のように樹林帯の破堤氾濫流に対する影響は、破堤部拡幅に伴う越流状態の変化によって異なってくる. すなわち、破堤幅が小さいCASE N, T-Aでは、氾濫流の流勢が強いために樹林帯設置による氾濫流の流勢緩和, 水流分散が顕著となり、破堤幅が大きいCASE N, T-Cでは、樹林帯の流水抵抗が大きくなり、氾濫流量が低減さ れる.また、本解析結果はこれらの傾向を良好に再現しており、実験値と比較して、氾濫流量、水深および流体 力のいずれも概ね±10%程度の誤差の範囲に収まっていることが確認された.

## 4. まとめ

本研究では、①各越流状態における樹林帯の破堤氾濫流に対する流勢緩和、流向制御等の機能を明らかにした。 ②本解析がこれらの樹林帯の減災機能を一定の精度で再現・予測可能であることを示した。

参考文献:1) 栗城稔ら:氾濫シミュレーション・マニュアル(案),土研資料第3400号,1996.2) 国交省九州地方整備局大分河 川国道事務所,大野川河道技術資料,2002.3) 福岡捷二ら:水工学論文集,第39巻,pp.501-506,1995.4) 秋山壽一郎ら:水 工学論文集,第57巻,2013(掲載予定).5) 秋山壽一郎ら:水工学論文集,第56巻,2012.