複断面蛇行水路の低水路形状と樹木繁茂位置が洪水流の挙動に及ぼす影響

九州工業大学工学部	学生会員	○中江　邦昭	九州工業大学工学部	正　会　員	重枝　未玲
山口大学工学部	正 会 員	朝位　孝二	(株)建設技術研究所	正　会　員	坂本　洋
国土交通省九州地方整備局	正 会 員	西尾　崇	九州工業大学工学部	フェロー会員	秋山　壽一郎
九州工業大学大学院	学生会員	石原　仁	(株)建設技術研究所	正　会　員	徳永　智宏

１．目的

河道内樹木は，自然景観や生態系などの環境面や堤防や河岸の保護などの治水面で重要な役割を果たしている．一方で，河道内樹木は河道の流下能力を低減させ，治水面上問題を引き起こす場合がある．従来，河道内樹木は治水安全度の確保が困難となった場合に伐採管理が行われてきた．しかし，近年では観測史上最大規模やそれに近い豪雨が頻発していることを踏まえると，今後，治水と環境の両機能を考慮にいれた河道内樹木の適正な管理の重要性が益々高まると考えられる．本研究は，河道内樹木の効率的かつ効果的な管理方法の確立を目的としている．ここでは，複断面蛇行水路の低水路形状と樹木繁茂位置が洪水流の挙動に及ぼす影響について，実験および解析に基づき検討した．

２．実験概要

実験装置は，可変勾配開水路(長さ L=20.5m，幅 B=0.6m)である．可変勾配開水路内には，**図-1** に示す発泡スチロール製の蛇行低水路を設けた複断面蛇行水路が設置されている．高水敷と低水路の粗度係数 n は，それぞれ 0.016 と 0.009 である．低水路線形は Sine-generated curve に従って蛇行しており，蛇行部は 4 波長設けた．その蛇行部の平面形状は，わが国の河川の平面形状特性の統計資料[1]を踏まえ，蛇行度(低水路蛇行長/低水路蛇行波長)が 1.02，低水路幅と水面幅との比が 0.42，低水路幅と蛇行帯幅との比が 0.5，低水路幅と蛇行波長との比が 0.092 になるように設定した．流れは，相対水深(高水敷水深/低水路水深)と蛇行度との関係[1]から，低水路線形が流れに影響を与えず流れの直進性が大きくなる複断面蛇行流れ(Case 1)と低水路線形が流れに影響を与える複断面蛇行流れ(Case 2)とした．水理条件と水路床勾配は**表-1** に示す通りである．樹木繁茂状況は，繁茂していない場合(Case 1-a，2-a)，樹木群が低水路沿いの全区間で繁茂した場合(Case 1-b，2-b)，低水路内岸部に繁茂した場合(Case 1-c)，低水路外岸部に繁茂した場合(Case 1-d)の 4 通りとした．樹木群は透過係数 K_s=0.31(m/s)のプラスチック製の糸が絡み合った多孔体でモデル化し,幅は 0.03m とした．測定項目は水深 h と x，y 方向の流速であり，それぞれ容量式波高計と 2 次元電磁流速計を用い測定した．

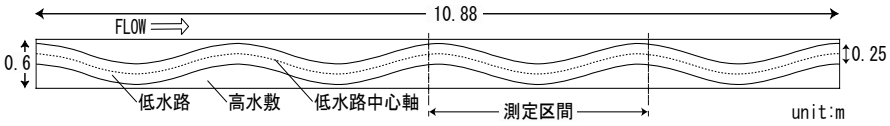

図-1　複断面蛇行水路

表-1　実験条件

	流量(m^3/s)	勾配	蛇行度	相対水深
Case 1-a	0.0221	1/1667	1.02	0.49
Case 1-b				0.65
Case 1-c				0.59
Case 1-d				0.57
Case 2-a	0.0095	1/500		0.29
Case 2-b				0.35

解析には，SA-FUF-2DF モデル[2]を用いた．SA-FUF-2DF モデルでは樹木群は x 方向，y 方向の運動方程式にそれぞれ $F_x=C_d \cdot a/2 \cdot uh(u^2+v^2)^{0.5}$，$F_y=C_d \cdot a/2 \cdot vh(u^2+v^2)^{0.5}$ で表される空間平均された流体力項を付加することで取り扱われる．ここに，a=樹木群密度パラメーター(=$d \cdot N$)，d=樹木の投影幅，N=樹木密生度(本/m^2)および C_d=抵抗係数であり，各パラメーターは，樹木繁茂状況に応じて設定される．また，透過係数 K_s はこれらの諸量を用いると，$K_s=1/(a \cdot C_d/2g)^{0.5}$ で表される．境界条件として上流端には**表-1** の流量を，下流端には水位を与えた．

３．結果と考察

図-2 は樹木繁茂状況による水位上昇率を調べたものである．水位上昇率は次式で定義される．

$$\text{上昇率}(\%)=\frac{\text{水位(Case1-b, c, d or 2-b)}-\text{水位(Case1-a or 2-a)}}{\text{水位(Case1-a or 2-a)}}\times 100$$

水位上昇率は全区間で概ね一定で，Case 1-b，Case 1-c，Case 1-d，Case 2-b の順番に上昇率が大きくなることがわかる．Case 1-b と Case 2-b，Case 1-c と d は，それぞれ樹木繁茂面積は等しい．従って，水位上昇率の違いは，Case 1-b と Case 2-b については水路内で生じる流況により，Case 1-c と d については樹木繁茂位置により生じたと考えられる．

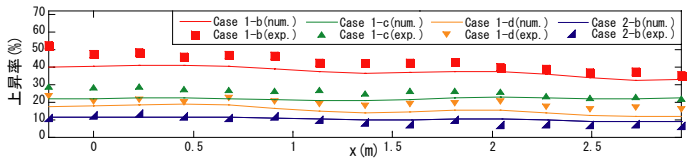

図-2　樹木繁茂状況による水位の上昇率

図-3 は，各 Case について流速ベクトルの解析結果を示したものである．なお図中の赤のベクトルは解析により，シンボルは実験より求めた最大流速の発生位置である．

まず，複断面蛇行水路で生じる流れが水位上昇率に及ぼす影響について検討する．低水路線形が流れに影響を与えない Case 1-a では，低水路線形が流れに影響を与える Case 2-a よりも直進性が強く，Case 2-a では低水路で低水路線形に沿った流れが生じていることがわかる．また Case 2-b については流速ベクトルおよび最大流速発生位置のいずれも Case 2-a と大きな違いはないが，Case 1-b については樹木により低水路沿いの流れが生じ，Case 1-a とは異なった流れが生じていることなどがわかる．以

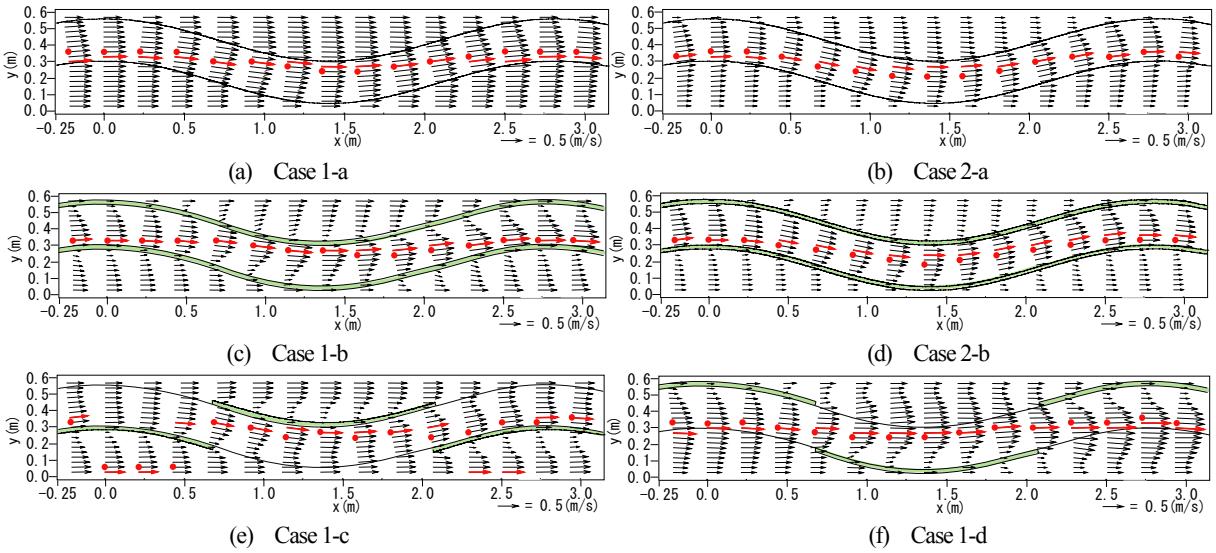

図-3 流速ベクトルの比較

上から，複断面水路では蛇行度と相対水深との関係[1)]が，低水路線形の影響を受ける領域に位置する場合には，主な流れは低水路に沿って生じるため樹木の境界で働くせん断応力が水位上昇を引き起こす主な要因と考えられる．一方，低水路線形の影響を受けない領域に位置する場合には，樹木境界でのせん断応力に加え，流れの直進性が増すことで生じる樹木からの抗力が水位上昇を引き起こす主な要因と考えられる．このような流れに作用する抵抗の違いが水位上昇率の違いを生じさせたと考えられる．

次に，樹木繁茂位置が水位上昇率に及ぼす影響について検討する．樹木が水位上昇に及ぼす影響は，低水路線形の影響を受けない複断面的流れの場合に大きくなる．従って，ここではCase 1についてのみ樹木を部分的に配置している．Case 1-cでは内岸側の樹木により流れが 2 分され，水路側壁付近で大きな流速が生じている．また，Case 1-dでは樹木周辺の流速は減速しているものの，最大流速発生位置などはCase 1-aと大きな違いはないことなどがわかる．以上から，最大流速が発生する位置に樹木繁茂位置がある場合に，流れは樹木からより大きな抗力受けるためCase 1-cの水位上昇率が大きくなったと考えられる．

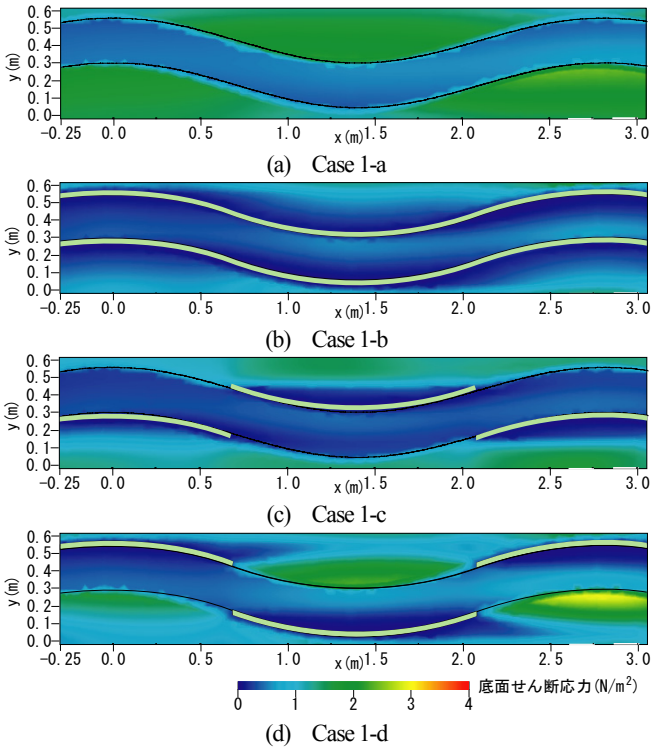

図-4 底面せん断応力の比較

図-4は，Case 1-a～dの底面せん断応力分布図である．**図-4**より，樹木の繁茂位置によっては，低水路内岸や堤防付近で大きな底面せん断応力を引き起こす場合があり，低水路内岸側や堤防付近で洗掘を生じさせる危険性がある．従って，樹木伐採を行うに当っては，流下能力の向上だけでなく，樹木繁茂位置による底面せん断応力の変化についても検討する必要があると考えられる．ただし，これらの結果は，堤防線形と低水路線形および樹木配置位置が相互に関係していると考えられることから，様々な組み合わせについて検討していく必要がある．

4．おわりに

複断面蛇行河道の低水路形状と樹木繁茂位置が洪水流の挙動に及ぼす影響について，実験および解析に基づく検討を行った結果，以下のことが確認された．(1) 蛇行度と相対水深との関係により生じる流況の変化が，流れの抵抗の増大や河岸や堤防保護に密接に関係していること．(2) 最大流速の発生位置および河道内樹木の位置の相対的な関係が，流れの抵抗の増大や河岸や堤防保護に密接に関係していること．

参考文献

1) 岡田将治，福岡捷二，貞宗早織：複断面蛇行河道の平面形状特性と蛇行度，相対水深を用いた洪水流の領域区分，水工学論文集，第46巻，pp.761-766，2002.

2) 重枝未玲，秋山壽一郎：数値シミュレーションに基づく堤防に沿った樹林帯の治水機能の検討，土木学会論文集，No.740/II-64，pp.19-30，2003.