

高水敷高さと樹木群密生度が流れの横断混合に及ぼす影響

名古屋工業大学 学生員○柴田健一郎
名古屋工業大学 正 員 富永 晃宏
名古屋工業大学 学生員 大場 章裕

1. まえがき 樹木群のある河川では、洪水時に樹木群の付近に大規模な平面渦が現れ、平面渦の流下に伴う流速、水位の周期的な変動が生じることが明らかにされている¹⁾。この横断混合が、河川抵抗側等への影響を与えることが指摘されており、高水敷肩への浮遊砂の堆積なども引き起こしている。最近では、樹木群内の低速流と外部の高速流との横断方向での主流の大きな流速差による変曲点不安定性により大規模平面渦が発生することが一般的に認められている。実際の河道で樹木群は低水路床より高いところにあり、密生度もまちまちである。そこで、本研究では高水敷上の樹木群の密生度、高水敷の高さの横断混合への影響を検討した。

2. 実験方法 実験では、幅60cm、長さ13mの矩形勾配可変型水路を用い、水路形状を矩形単断面と水路左岸に幅20cm高さ2cm、4cmの高水敷を設置した複断面水路の3種類(それぞれCASE名0, 2, 4)とした。水路断面形状を図-1に示す各水路 $y=0\text{cm} \sim 20\text{cm}$ (以下、左岸)に樹木群模型とし直径

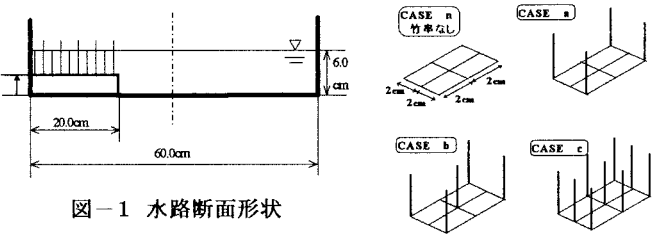


図-1 水路断面形状

図-2 竹串の配置

2mm、長さ15cmの竹串を3種類(それぞれCASE名 a, b, c)の配置で水路上流端3m~8mに設置した。竹串の配置は図-2に示す。流量181/sの定常流で、樹木群モデル設置区間において竹串が水没しない水深6cmの等流を作り、流速および水深を上流端より6mの位置で計測した。染料を用い可視化実験も行った。実験CASEについて表-1に示す。

表-1 実験ケース

	樹木群模型の密生度				
	CASE	n	a	b	c
高水敷	0	0n	0a	0b	0c
	2	2n	2a	2b	2c
	4	4n	4a	4b	4c

3. 実験結果 図-3は、高水敷高さCASE 0, 4での流下方向の水深平均流速の横断分布である。樹木群内の流速は、 $y=15\text{cm}$ でほぼ一定となり、樹木群外の高速流の入り込みはこの付近までであることがわかる。CASE 4では樹木群内の水深が小さいためより小さな流速となっている。 $y=40\text{cm} \sim 60\text{cm}$ (以下、右岸)での流速は、両ケースともほぼ同じ程度で横断方向に一定となり、この領域は樹木群内の低速流の流入がないといえる。樹木群内外の境界部(以下、境界部)を見ると、CASE 4では、高水敷と低水路の境界で大きな流速差があり、樹木群側の流速勾配が大きくなる。これに対しCASE 0の流速分布の傾きは直線的であり、樹木群外の流速勾配はCASE 4よりも大きい。これよりCASE 0では樹木群の遅い流れが境界部に広く影響を与えていることがわかる。また、染料による可視化実験よりCASE 0においてはCASE 4よりも境界部の広い範囲ではっきりとした水平渦が確認されており、これがCASE 0での広い範囲における横断混合に寄与していると考えられる。図-4は、CASE 0a, 0c, 4cの樹木群内中央($y=12\text{cm}$)の流下方向流速の時間変動の図である。CASE 0cでは、約4sの周期の規則的な流速変動が認められる。樹木群内および境界部でもほぼ同周期のはっきりとした変動が見られた。右岸領域では、あまり周期的変動が見られなかった。この周期が可視化実験による樹木群内および境界部に生じた水平渦の周期とほぼ一致することから、水平渦の通過によって生じたものであると結論付けられる。

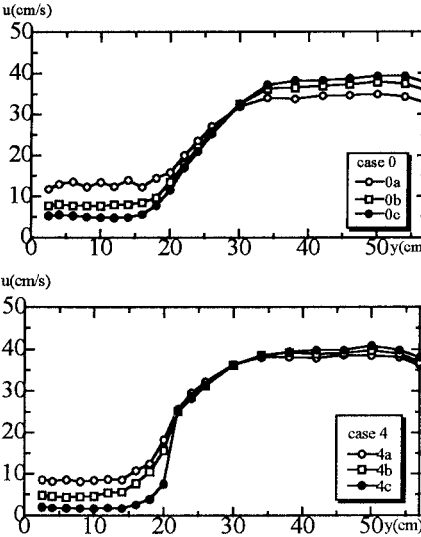


図-3 水深平均流速の横断分布

図-5にスペクトル解析の一例をしめす。0.25Hz付近に明瞭なピークが認められる。

図-4よりCASE 0a, 4cでは、CASE 0cに比べ明瞭な周期的変動は現れていない。CASE 0aでは、水深平均流速の横断方向の流速差がCASE 0cほど大きくないために規則的な水平渦の発生に到らなかったものと考えられる。水深平均流速の横断方向の流速差が同程度であるCASE 0c, 4cを比較して、CASE 4cでは周期的で大きな変動が見られないことから、高水敷が水平渦の形成を妨げていることがわかる。同様に他のケースにおいても樹木群の密生度が密なほど周期的で大きな変動が生じ、高水敷が高いほど流速に周期性と大きな変動が見られなくなるが明らかとなった。また、横断方向流速 v の時間変動についても、流下方向流速 u とほぼ同周期の規則的な変動が見られたが、場所により変動の振幅が異なる場合があり、全般的には、 v の方が周期性が明確であり、スペクトルのピークも明瞭であった。この点については、 u , v の同時解析により渦構造を検討する必要がある。

図-6は、CASE 0c, 4cの境界部($y=22\text{cm}$)での水深の時間変動の図である。CASE 0cでは、流速の時間変動と同じ約4sの周期で水深が変動していることがわかる。流速の時間変動と同様に樹木群の密生度が密なほど周期的な変動が現れた。また、高水敷のあるCASE 4では、水面の時間変動は見られなくなる。図-7は、CASE 0cとCASE 4cのレイノルズ応力の横断分布 $-uv$ である。レイノルズ応力は境界部で大きな値をとるが、両ケースで分布の特性が大きく異なっている。CASE 4cでは、境界の狭い範囲でしか大きな値をとらないのに対し、CASE 0cでは境界部から右岸にかけ広い範囲でかなり大きな値をとっている。また、底面から水面までほぼ同様の分布を示し、かなり2次元的な流れであることが示唆される。これは、水深の深さを持つ水平渦の運動量輸送効果が広い範囲で流れの横断混合が生じさせていることを意味している。

4. あとがき 樹木群の密生度、高水敷高さの違いが横断混合に大きな影響を及ぼすことがわかった。複断面のケースにおいては、高水敷上樹木群内と外で樹木群密生度がある程度大きくなると規則的な大規模な水平渦が発生する。単断面のケースに比べ水平渦の発達が抑制され、流れの横断混合が境界部の比較的狭い範囲において限られることがわかった。

<参考文献> 1) 渡辺明英, 福岡捷二: 水工学論文集, 第38巻, pp. 357-362, 1994 2) 池田駿介: 水工学論文集, 第38巻, pp. 431-436, 1994.

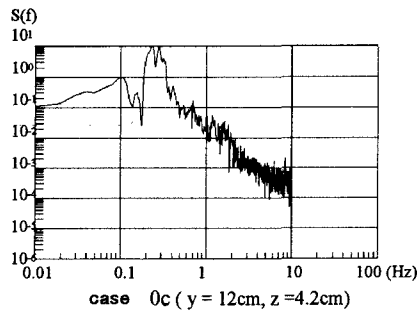


図-5 スペクトル密度関数

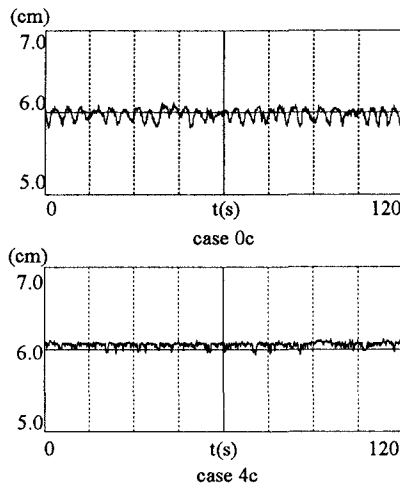


図-6 水深変動の時間分布

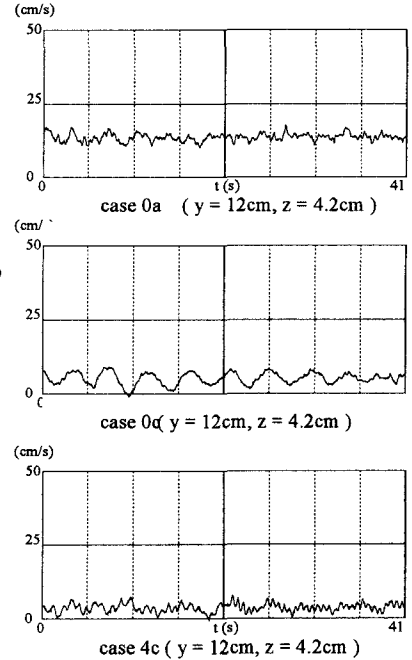


図-4 流下方向流速の時間変動

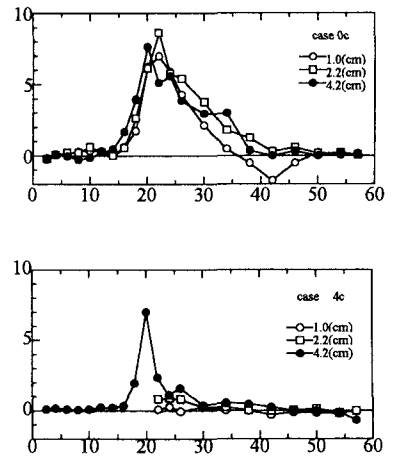


図-7 レイノルズ応力の横断分布