

河道内樹木の相互関係が抗力係数に与える影響に関する検討

(株)建設環境研究所 正会員 ○三浦 かな
名城大学理工学部 正会員 新井 宗之

1. はじめに

現在、多くの河川で多自然川づくりが盛んに行われており、河道内樹木はその働きに大きな役割を有す。洪水時の水位上昇や流勢緩和作用など、河道内樹木の流水に対する影響について合成粗度 N を使用して考える場合、樹木の流水に対する抵抗性を表す抗力係数 C_D が大きな影響を与え、その精度が重要となる。また、二級河川のような中小河川内の樹木は散在している場合が多く、その相互作用の関係を明らかにすることも重要である。

そこで、本研究では樹木相互の最も単純な形態として、樹木が2本の場合の抗力係数の検討を行うため、2種類の樹木模型を用いて流水実験を行い、流水方向に沿って縦断方向及び横断方向の位置関係が抗力係数に及ぼす影響について検討¹⁾を行った。

2. 樹木の抗力係数

抗力 D 、水の密度 ρ 、断面平均流速 v_m 、物体の投影面積 A_u とすると抗力係数 C_D は次式で表わされる。

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho v_m^2 A_u} \quad \dots(1)$$

3. 実験方法

実験は図1に示す水路長8m、幅40cm、深さ25cmの両面透明塩化ビニル製の可変勾配式水路を用いた。水路は循環式の可変勾配水路である。図2に実験で用いた樹木模型を示している。愛知県名古屋市を流下する二級河川の天白川および、その支川の植田川で詳細な樹木繁茂調査を行った結果、天白川のような中小の都市河川での樹木形状は、樹冠部だけの形が多くを占めていることから、樹冠部の形状を模して図2のBの扇型形状にした。また、透過性を持たせるために、扇形にすき間を設けるようにした。また比較のため、樹幹部を模した円柱形状も同じように実験を行った。材質は、円柱がアクリル製、扇型の模型は木製である。実験はいずれの場合も流量

$Q=6800\text{cm}^3/\text{s}$ 、水深 $h=5.3\text{cm}$ の等流で行い、レイノルズ数 R_e は円柱の場合、代表長さを円柱の直径を用いると $R_e=1700$ 程度であり、扇型の場合は代表長さを扇の幅として $R_e=6800 \sim 7500$ 程度であった。抗力 D はひずみ測定の利用したもので、高速度CCDカメラで流水中の樹木模型の変動を250フレーム/秒で撮影し、解析に供した。

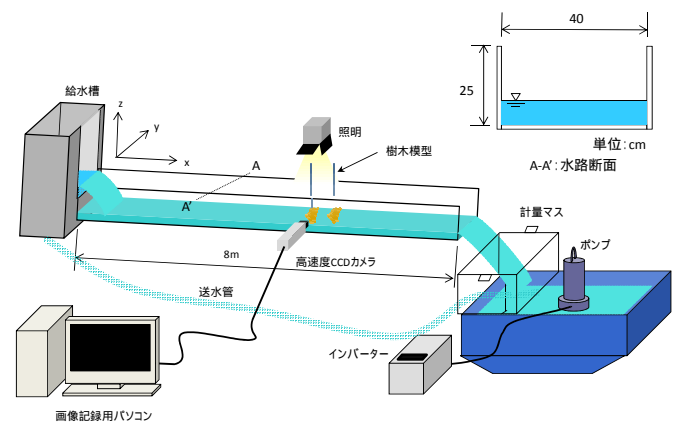


図1 実験装置の概念図

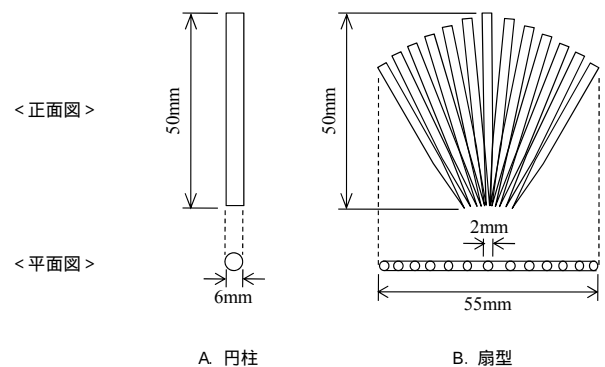


図2 樹木模型の形状

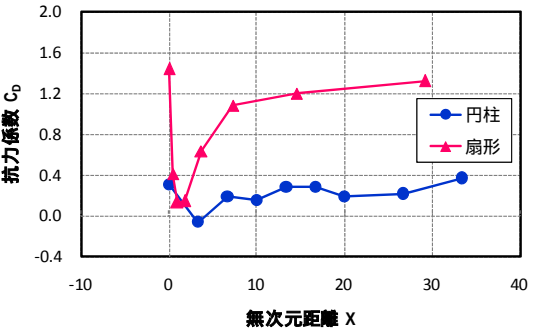
4. 実験結果

図4は2つの樹木模型の相互関係を抗力係数の変化で示したものである。図4(a)は流下方向にある樹木模型の抗力の変化を流速に断面平均流速を用いて抗力係数 C_D で表したものである。流下方向の無次元距離 X_{cal} は実距離を模型の代表長さとの比で表している。この関係によると無次元距離 $X_{cal} \sim 10$ 程度でほぼ単独の場合と同程度になることを、円柱

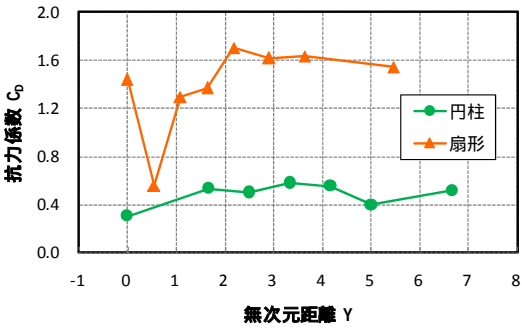
キーワード：河道内樹木，相互関係，抗力係数，合成粗度，樹木模型，実験

連絡先：〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口一丁目 501 番地 名城大学理工学部建設システム工学科

と扇形で示している．図 4(b)は横断方向の 2 つの樹木間距離との関係で，同様に C_D で表したものである．これによると，横断方向の場合は，2 つの樹木が樹木模型の代表長さ程度離れると，ほとんど影響しないことを示している．



(a) 縦断方向

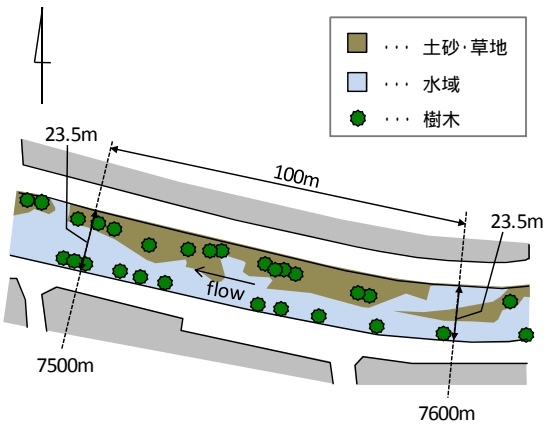


(b) 横断方向

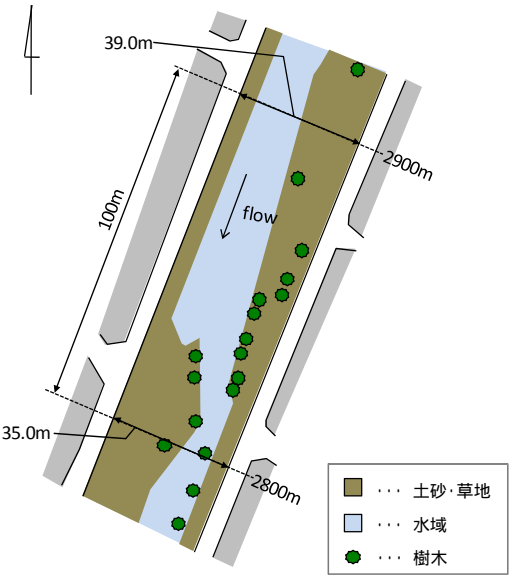
図 3 無次元距離による抗力係数変化

5. 天白川・植田川での適応例

愛知県名古屋市を流れる二級河川为天白川での樹木繁茂調査の事例から先の実験結果に基づいた合成粗度の影響について検討する．天白川で樹木が流下方向に縦列状に繁茂している列を抽出した例を図 5 に示す．これは，天白川と植田川の合流点から 7500 ~ 7600m の区間の例である．また，植田川の場合も合流点から 2800 ~ 2900m の区間について検討した．樹木の抗力係数 C_u を $C_u=0.6$ として，樹木相互の関係を考慮しないと天白川と植田川のその区間の合成粗度 N はそれぞれ 0.0709，0.0547 となる．先に述べた実験結果を考慮して合成粗度を求めると，天白川と植田川でそれぞれ N は，0.0386，0.0319 となる．この場合，考慮しない場合の水深 $h=4.5\text{m}$ で流下する流量を仮定すると，合成粗度の減少に伴う天白川・植田川のそれぞれの水深 h は 3.01m，3.18m となり，1.49m，1.32m の差となる結果となった．詳細は表 1 に示す．



(a) 天白川(平成 20 年 8 月)



(b) 植田川(平成 20 年 8 月)

図 4 河川図

表 1 天白川・植田川の適応例

河川名		天白川		植田川	
樹木同士の相互作用		考慮した場合	考慮しない場合	考慮した場合	考慮しない場合
河川情報	区間長さ $L(\text{m})$	100	100	100	100
	流水幅 $B_1(\text{m})$	23.5	23.5	39	39
	流水幅 $B_2(\text{m})$	23.5	23.5	35	35
	高水敷の面積 $S(\text{m}^2)$	2350	2350	3700	3700
	樹冠部・枝の投影面積 $A_0(\text{m}^2)$	10.34	10.24	14.62	14.62
	樹木数 $s_1(\text{本})$	21	21	13	13
	樹木密度 $a_1(\text{本}/\text{m}^2)$	0.0089	0.0089	0.0035	0.0035
	樹冠部・枝の抗力係数 C_{01}	0.16	0.60	0.16	0.60
	幹部分の抗力係数 C_{02}	1.2	1.2	1.2	1.2
	高水敷表面の粗度係数 n_2	0.02	0.02	0.02	0.02
河川断面情報	合成粗度係数 N	0.03860	0.07089	0.03188	0.05474
	水深 $h(\text{m})$	3.01	4.50	3.18	4.50
	河床勾配 $I(\tan \theta)$	0.001224	0.001224	0.000282	0.000282
	流水断面積 $A(\text{m}^2)$	70.74	105.75	117.66	166.50
	径深 $R(\text{m})$	2.40	3.25	2.71	3.62
	断面平均流速 $V(\text{m/s})$	1.62	1.08	1.02	0.72
	流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	114.80	114.61	120.58	120.41

参考文献

- 1) 三浦かな：天白川・植田川における河道内樹木要素が洪水時に与える影響に関する研究，平成 20 年度名城大学大学院修士論文，pp.38-52，2009.3