

河道内樹木におよぼす流水攪乱と樹木倒伏特性について

神戸大学大学院 学生員 ○阿河一穂・谷口麻衣, フェロー会員 道奥康治
 明石工業高等専門学校 正会員 神田佳一, 学生員 魚谷拓矢

1. 序論

河道の樹林化・陸地化が進行し、河川の治水・環境機能におよぼす障害が懸念される。本研究では、間伐や高水敷切り下げを組み合わせることで砂州・高水敷への流水攪乱を誘発し、樹木管理を省力化する方策を検討する。「樹林層-越流層」からなる二層流モデル¹⁾は、様々な「水位-樹高」の組み合わせに適用可能である。ここでは、同モデルによって計画高水相当の出水時に作用する樹木倒伏モーメントを推定し、現地の樹木倒伏実績との比較からモデルの有用性を検証した。

2. 近年加古川で発生した出水

加古川の河口距離 23.0~24.4km 区間 (図-1 参照) を対象に二次元二層流モデルによる非定常解析を行った。樹林キャノピーを境界面として河川流が上下二層に分割され、樹林帯内の透過流と樹林帯上の越流をともに記述できる。2011年に発生した出水における当該区間の流量ハイドログラフと下流端水位の経時変化を図-2に示す。表-2に当該区間に繁茂する樹林帯の樹木条件を示す。図-3(a), (b)には図-1の下流側・上流側の樹林繁茂領域を示す。解析に要する樹木条件は2010年3月13日(上流側), 2011年3月5日(下流側)に実施した現地調査結果に基づいて設定した。樹高は領域内に繁茂した樹木の平均値 \bar{h}_v とする。樹径 \bar{d} は現地調査から得られた [樹高 h_v , 樹径 d] 関係 ($h_v=1.124\bar{d}^{0.608}$) より算出した。密度 $\lambda_{veg}=\bar{d} \times n_v/S_v$ は樹林帯内の樹木本数 n_v と領域面積 S_v , 樹径 \bar{d} から算出した。竹林の密度 λ_{veg} については、既往の知見²⁾に基づき与えられている。「下流」の領域①, 「上流」の領域③は未調査であるため他の領域の平均値や同等の値を参考にして補完・設定した。[低水路, 高水敷, 樹林帯内]におけるマンニングの粗度係数はそれぞれ $n=[0.028, 0.055, 0.031] (m^{-1/3}/s)$ とした。ここでは、近年の樹木倒伏の制御要因と推定されるピーク流量 $Q=3,590.65(m^3/s)$ (約20年確率相当)の2011年9月3~4日の出水(図-2参照)の解析結果を例示する。

3. ピーク時に樹木に作用する倒伏モーメント

表-2に下流側樹林帯の各領域において確認された観測日ごとの倒伏樹木本数を示す。「倒伏樹木本数」とは前回と当該の調査の間に発生した倒伏樹木の総数であり、その間に複数の出水が発生している場合にはピーク時の流量が最大の出水によって樹木が倒伏したと仮定した。「樹木倒伏率」は領域内の全樹木本数に占める累積の倒伏樹木の割合

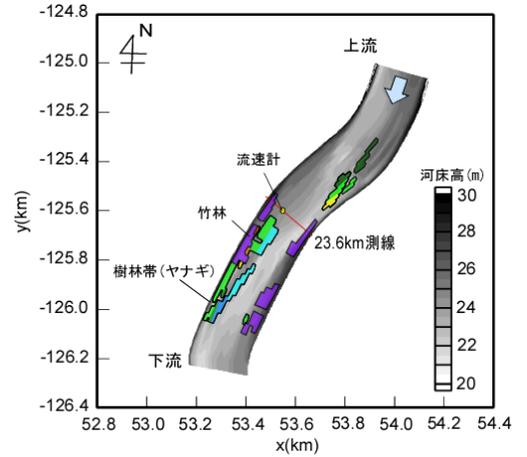


図-1 解析対象区間

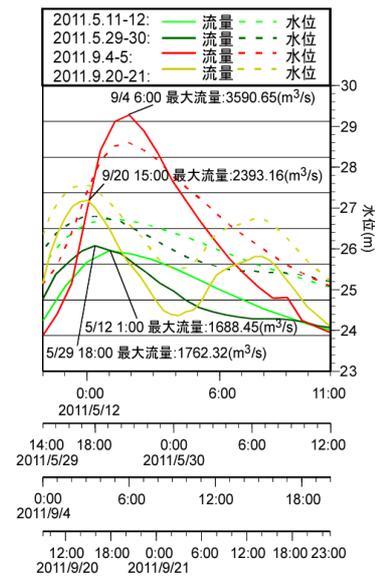


図-2 流量, 下流端水位

表-1 樹木条件

	樹種	密度 (m ⁻¹)	樹径 (m)	樹高 (m)
下流	① 竹	0.21	0.10	8.0
	② ヤナギ	0.002	0.10	4.6
	③ ヤナギ	0.005	0.21	7.2
	④ ヤナギ	0.011	0.53	12.6
	⑤ ヤナギ	0.062	0.48	11.8
	⑥ ヤナギ	0.015	0.38	10.3
	⑦ ヤナギ	0.003	0.12	5.0
	⑧ ヤナギ	0.004	0.06	3.3
	⑨ ヤナギ	0.008	0.19	6.8
	⑩ ヤナギ	0.007	0.28	8.5
	⑪ ヤナギ	0.008	0.24	7.8
上流	① ヤナギ	0.006	0.13	5.4
	② ヤナギ	0.009	0.23	7.5
	③ ヤナギ	0.015	0.38	10.3

キーワード 河道内樹木, 二次元解析, 出水再現, 倒伏モーメント, 樹木倒伏特性

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学大学院工学研究科 TEL078-803-6056

である。なお、各調査において未調査の樹木が存在する。水衝部である領域②、③や水際である領域②、⑦、⑧は大きな流水攪乱を受けるため樹木倒伏率が高い。これに対し、竹林が流水を阻害していると考えられる領域④、⑤、⑥、⑩では顕著な倒伏が認められない。

図-4 に流量ピーク時に樹木に作用した倒伏モーメント比 M_v/M_c の分布を示す。ここで、 M_v/M_c は樹木に作用する倒伏モーメント M_v と樹木固有の倒伏限界モーメント M_c の比であり、 $M_v/M_c > 1$ のとき樹木が倒伏すると判定する。図中の赤点は出水前後の現地調査から判定された倒伏樹木位置、黒点は非倒伏樹木位置、青点は出水以前から倒伏していた樹木位置である。図-4 から、本解析は倒伏樹木が多数確認されている水衝部や水際において $M_v/M_c > 1$ となり、現地調査結果と良好に一致していることがわかる。なお、水際部では樹高・樹径が小さく、ピーク流量時には樹冠が冠水して二層流状態となっており、本解析の利点が発揮される。これらの樹木は倒伏限界モーメント M_c が小さいため水際における M_v/M_c が大きくなる。

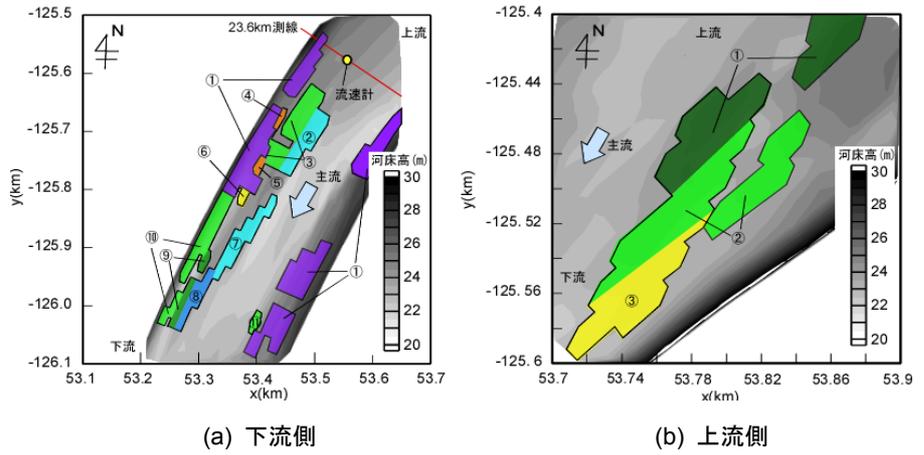


図-3 樹林繁茂位置

表-2 各領域の倒伏樹木本数

出水発生日時	倒伏樹木本数(本)							計	樹木本数(本)	樹木倒伏率(%)
	不明	2009年以前	2009/8/1~2	2010/5/23~25	2011/5/29~30	2011/9/3~4	2011/9/20~21			
ピーク流量 (m³/s)			1459.91	3227.07	1762.32	3590.65	2393.16			
倒伏確認日時	2011/3/5	2011/3/5	2009/9/6	2011/3/5	2011/6/19	2011/9/11	2011/11/23			
エリア	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	
	20	3	0	1	2	12	3	41	44	93.2
	12	11	0	5	0	9	2	39	53	73.6
	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.0
	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0.0
	1	0	0	0	0	0	0	1	8	12.5
	4	3	0	0	1	16	12	36	45	80.0
	3	1	4	0	4	28	11	51	72	70.8
	3	7	0	2	2	7	0	21	41	51.2
	1	1	0	0	0	0	0	2	57	3.5
計	44	26	4	8	9	72	28	191	350	54.6

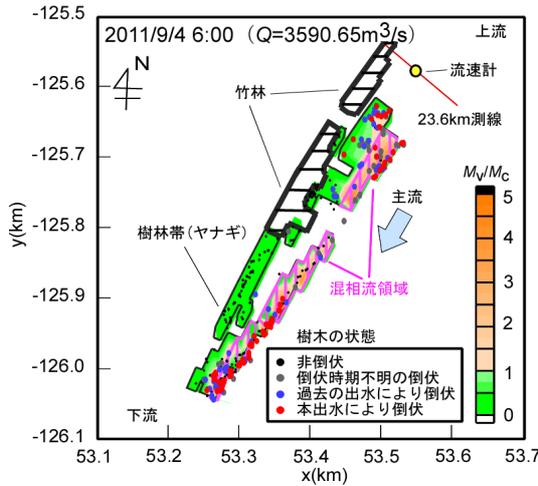


図-4 樹木に作用する M_v/M_c

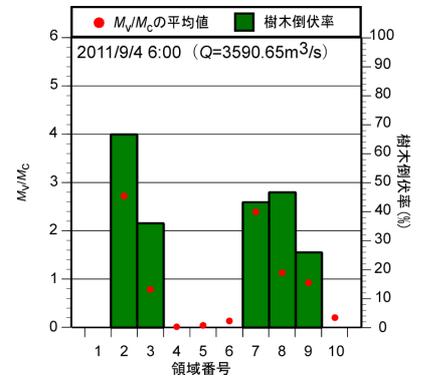


図-5 各領域の M_v/M_c の平均値および樹木倒伏率

図-5 に各領域における流量ピーク時の M_v/M_c の平均値と当該出水による樹木倒伏率との関係を示す。ここでの樹木倒伏率は、当該出水時に非倒伏であったと考えられる樹木に対する当該出水で倒伏した樹木の割合である。図-5 から各領域における樹木倒伏率と M_v/M_c の平均値は良好に対応しており、本解析の有用性を確認できる。

4. 結論

本研究では、樹冠が冠水した状態を表現できる二次元二層流モデルを用いた非定常解析により出水時に樹木に作用する倒伏モーメントを再現するとともに、現地観測による倒伏実績と比較・考察し本モデルの有用性を確認した。

参考文献

1) 道奥康治・宮本仁志・神田佳一・大地洋平：樹林が繁茂した加古川中流部における出水時流況と樹林損壊に関する調査・解析，水工学論文集，第 55 巻，pp.S_1087-S_1092，2011. 2) 岡部健士・田村隆雄：吉野川河道内に残留した水防竹林の管理計画に関する数値解析的検討，水工学論文集，第 53 巻，pp.625-630，2009.