

洪水流による樹木の倒伏・破壊と流量ハイドログラフの推算

中央大学大学院 学生会員 ○後藤 岳久
国土交通省太田川河川事務所 正会員 児子 真也

中央大学研究開発機構 フェロー会員 福岡 捷二

1. はじめに

複断面蛇行河川において蛇行部の内岸側に位置する樹木群は、大洪水時に主流が内岸側を走ることにより、時には倒伏・破壊される¹⁾。樹木が大規模に倒伏・破壊した場合、河積が異なることにより、洪水の流況が樹木倒伏前後で変わることが予想される。福岡らは大規模な樹木倒伏・破壊が生じた平成17年太田川洪水を対象とし、洪水時における水位の縦断分布を詳細に観測することにより、樹木倒伏・破壊の影響が水面形に現れていることを明らかにした¹⁾。樹木がどの程度の流量で倒伏・破壊するのかを知ることは河道管理・樹木管理を行う上で重要であることから、本研究では、洪水前の樹木群繁茂状況と観測された水面形を平面二次元非定常流解析によって樹木の倒伏・破壊を伴う洪水流の流下機構と流量ハイドログラフについて検討をする。

2. 対象区間および洪水概要¹⁾

図-1に対象区間の全体図を示す。平成17年太田川洪水は既往最大洪水を越える大規模な洪水であったため、水位ピーク付近において洪水流は複断面的蛇行流れをしていた。それ故、内岸側に繁茂していた樹木群は主流の影響を大きく受け倒伏・流失した。

図-2に水位上昇期における観測水面形、図-3に水位下降期における観測水面形を示す。水位上昇期と水位下降期では観測された水面形が明らかに異なり、樹木倒伏・破壊の影響が水面形に現れているのがわかる。これらの観測された水面形を解とした、福岡・渡邊ら^{1,2)}による平面二次元非定常流解析法を用い、樹木群の存在する洪水時の流れの状況と流量ハイドログラフを求める。

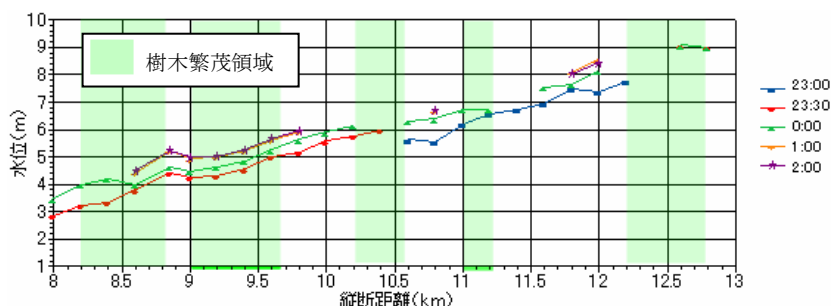


図-2 水位上昇期における観測水面形

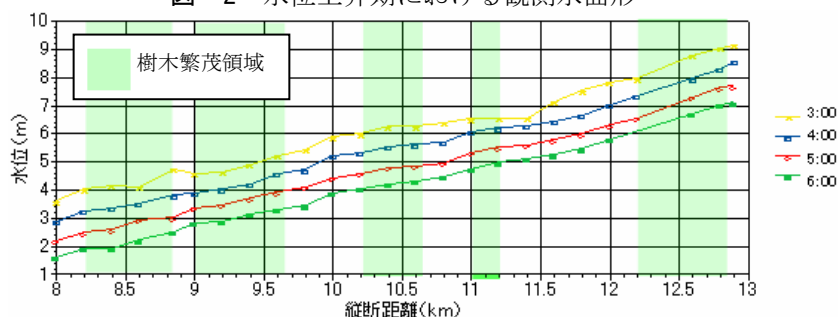


図-3 水位下降期における観測水面形

3. 解析方法

福岡・渡邊らは、洪水時における観測された水面形の時間変化に基づき平面二次元非定常流解析を行うことで、精度の良い流量ハイドログラフを推算できることを示している^{2,3)}。ここで、樹木群透過係数は樹木による抵抗を評価するパラメータであり、その樹木による抵抗は運動方程式の中で次のように表されている。

$$(\tau_s, \tau_n) = \frac{gh_a}{K^2} \sqrt{u^2 + v^2} (u, v) \quad (1)$$

ここで、 g ：重力加速度、 K ：樹木群透過係数、 u ：縦断方向流速、 v ：横断方向流速、 $h_a = \min(h, \text{樹高})$ 、 h ：水深である。

観測された水面形は樹木倒伏・破壊により水位上昇期と水位下降期では異なる。これは、樹木が倒伏することで、樹木による抵抗が変化し、その影響が水面形に現れているからである。それ故に、樹木の抵抗を評価している樹木群透過係数を水位上昇期と水位下降期で変化させることにより、水面形の変化を再現する。樹木の存在が水面形に現れている水位上昇期では樹木が存在するものとして樹木群透過係数を決定する。具体的には、 $K=40$ 程度を用いる。一方、樹木が倒伏し水面形が滑らかになっている水位下降期は樹木が存在しないものとして樹木群透過係数を決定する。ここでは $K=80$ 程度を用いる⁴⁾。また、粗度係数は水位上昇期・下降期で変化させず一定の値を与える。これは、水位上昇期と下降期とで水面形が変化する理由は樹木倒伏・破壊であり、樹木の影響は樹木群透過係数によって評価していると考えているためである。

キーワード 洪水流、水面形、樹木破壊、河道線形、樹木群透過係数、平面二次元非定常流解析

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31207 中央大学研究開発機構 TEL 03-3817-1615

4. 解析結果

樹木群透過係数			
	区間(km)	水位上昇期(m/s)	水位下降期(m/s)
右岸	8.0-9.6	40	60
	9.6-10.6	50	60
	10.6-11.0	40	60
左岸	8.0-9.0	50	60
	9.6-10.6	50	60
粗度係数(m ^{-1/3} ・s)			
高水敷		0.035	
低水路		0.025	

表-1 樹木群透過係数・粗度係数の分布

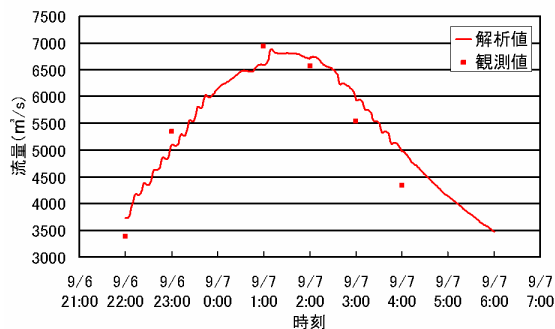


図-6 流量ハイドログラフ

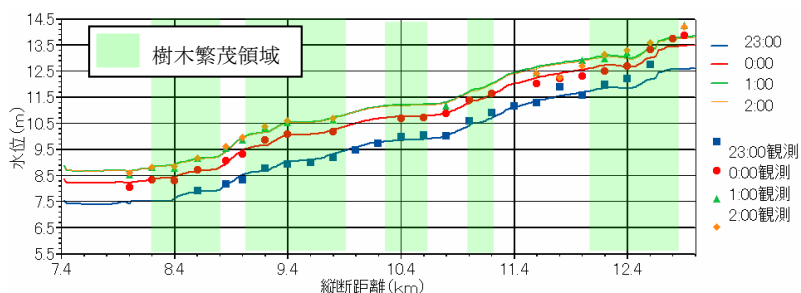


図-4 水位上昇期における解析水面形

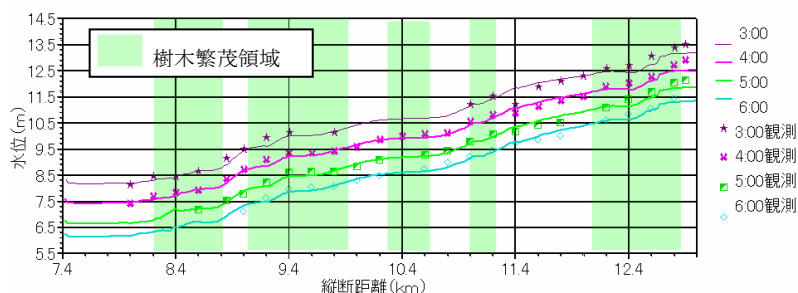


図-5 水位下降期における解析水面形

図-4に水位上昇期における水面形の解析結果、図-5に水位下降期における水面形の解析結果を示す。水位上昇期、下降期ともに水面形の解析結果は観測値を概ね再現できており、それぞれの特徴を捉えられている。しかし、9.4kmや11.8km付近では水面形の解析結果と観測値に最大で10cm程度の差がある。これは、この地点では洪水前後で河床が大きく変化しており、本研究においては河床変動解析を考慮していないことが原因であると考えられる。表-1に解析から得られた樹木群透過係数・粗度係数の分布を示す。水位下降期における樹木群透過係数は樹木が倒伏しているにもかかわらず比較的小さい値、すなわち樹木の影響が認められるような値である。これは、樹木が倒伏した後も、枝葉等の影響が流れの水面形に現れていることを示している。図-6に流量ハイドログラフの解析値と観測値を合わせて示す。流量ハイドログラフの解析値は観測値と概ね一致し、また、水面形の時間変化を概ね再現できていることから、得られた流量ハイドログラフは比較的精度の良いものと考えられる。水位下降期は樹木の影響が小さい樹木群透過係数を用いることにより、解析結果は観測された水面形を再現できることから、水位下降期(a.m.3:00頃)には樹木が倒伏していたことを確認できた。それ故に、太田川の対象区間において洪水前の樹木繁茂状況ならば概ね7000(m³/s)クラスの洪水で樹木が倒伏・破壊することが分かった。

5. まとめと課題

本研究では樹木倒伏・破壊を伴う洪水流における観測された水面形の時間変化に基づき、平面二次元非定常流解析を行い、その流下機構を検討した。以下に本研究における主な結論と課題を述べる。

- 1) 水面形の状況から、樹木群透過係数をピーク付近で変化させることにより、樹木倒伏・破壊が発生した流れ場における流量ハイドログラフを得られることを示した。
- 2) 太田川の対象区間において洪水前の樹木繁茂状況ならば約7000(m³/s)クラスの洪水になると樹木が倒伏することが分かった。
- 3) 観測された水面形には河床変動の影響が現れていたと考えられる。河床変動を考慮した解析によって、樹木破壊の原因や樹木が倒伏した流れ場における洪水流の流下特性や樹木群透過係数についてさらに明らかにしていくことが課題である。

参考文献 1) 児子慎也, 福岡捷二, 後藤岳久: 樹木の倒伏・破壊を伴う複断面蛇行河川の洪水流の挙動, 土木学会全国大会第62回年次学術講演会講演概要集, 2007

2) 福岡捷二: 洪水の水理と河道の設計法, 森北出版, 2005

3) 福岡捷二, 渡邊明英, 原俊彦, 秋山正人: 水面形の時間変化と非定常二次元解析を用いた洪水流量ハイドログラフと貯留量の高精度推算, 土木学会論文集, No.761/II-67, pp.45-56, 2004

4) 福岡捷二, 佐藤宏明, 藤澤寛, 大沼史佳: 洪水流と河道の樹木繁茂形態に基づく樹木群透過係数と粗度係数の算定法, 水工学論文集, 第51巻, pp.607-612, 2007