

大洪水時における太田川砂州上の樹木倒壊の機構

中央大学大学院 学生会員 ○後藤 岳久
 中央大学研究開発機構 フェロー会員 福岡 捷二
 国土交通省 太田川河川事務所 正会員 兒子 真也

1. 序論

河川の低水路内には砂州が形成され、その砂州上には一般に樹木が繁茂している。特に複断面蛇行河川では大洪水時の主流は内岸寄りをするため、内岸砂州上に繁茂する樹木の倒伏および流出が懸念される。

太田川では平成 17 年 9 月に既往最大規模の洪水が発生した。図-1 に示す複断面蛇行河川では、主流が内岸寄りをして、内岸砂州上の樹木が大規模に倒伏した。著者らは、この洪水期間中の水面形の時間変化に樹木倒壊の影響が顕著に現れていることを示し、これらの水面形を解とした非定常平面二次元解析を行うことにより、樹木倒壊が発生した時刻とそれに対応する流量を明らかにしている¹⁾²⁾。本研究では、樹木倒伏と河道特性との関係を明らかにするため、算出した各樹木群に加わる流体力による外力モーメントから河道特性と樹木倒伏との関連について検討し、倒伏の要因を明らかにする。

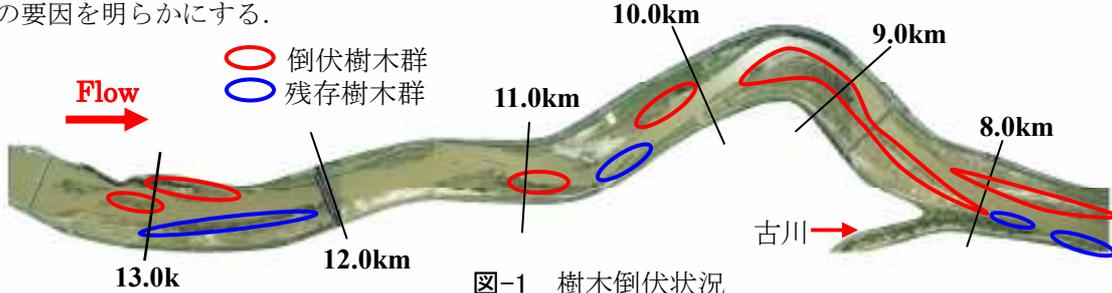


図-1 樹木倒伏状況

2. 樹木の倒伏・残存状況

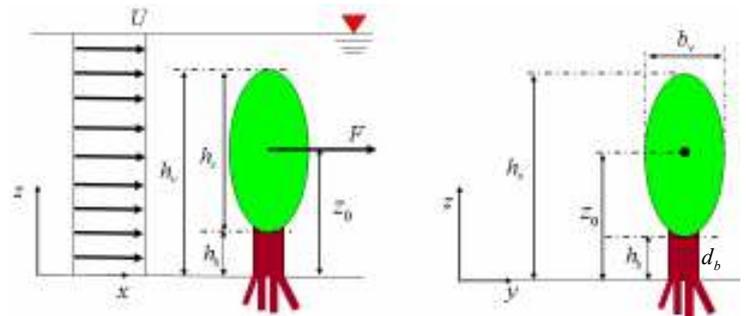
図-1 に平成 17 年 9 月洪水による樹木の倒伏及び残存箇所を示す。対象区間は太田川の約 8.0~14.0km の区間であり、この区間では、計画的に樹木の種類及びその位置・密度・胸高直径・枝下高等が詳細に観測されている。また、200m 間隔で水位観測が行われ、洪水時の水面形が時空間的に密に観測されている。対象洪水は既往最高水位を更新する大規模な洪水であったため、水位ピーク付近では主流が内岸寄りをする複断面的蛇行流れを呈しており³⁾、内岸砂州上の樹木群は大規模に倒伏し、外岸高水敷上の樹木群は残存していた。

3. 樹木に加わる外力モーメントの算定

洪水時には、主流領域に位置する樹木群のうち、最前面に位置する樹木が一番大きな流体力を受けると考えられる。従って、最前面の樹木に作用する流体力から外力モーメントを算出し、樹木の残存及び倒伏箇所について、河道と洪水流下特性の面から考察する。流体力による外力モーメントの算定に必要な水理量は、水面形の時間変化を解とした非定常平面二次元解析の結果を用いる¹⁾²⁾。平面流速分布から樹木に作用する代表流速 U を求め、式(1)から流体力を算定する。

$$0 - \rho U^2 A = -F \quad (1), \quad A = b_v h_v + h_b d_b \quad (2).$$

ここで、 ρ : 密度, U : 流速, A : 樹木の投影面積, F : 樹木が受ける流体力である。樹木の諸定義を図-2 に示す。樹木群内の流速は小さいため、樹木の後流域の流速を 0 として流体力を算定している。そして、この流体力が樹木の図心に作用するとして、外力モーメントを算定した。ただし、対象区間の樹木は樹高 5(m) に対し枝下高 10(cm) 程度であるため、図心は樹冠高の中心として算定している。



U:流速, h_v : 樹高, h_c : 樹冠高, h_b : 枝下高, d_b : 幹径
 z_0 : 外力の作用高, b_v : 樹冠幅, F : 流体力

図-2 樹木の諸定義図

4. 樹木に加わる外力モーメントと河道特性

図-3 に非定常平面二次元解析による流速分布結果と樹木に加わる外力モーメントを示す。外力モーメントの算定には、樹木群の影響が水面形に現れている時刻(午前 2:00)の計算結果を用いている¹⁾²⁾。河道の内岸側に樹木群が密に繁茂しているため、流速分布は外岸側の方が大きくなっている。また、流体力による外力モーメントは樹木が残存した地点より倒伏した地点の方が小さくなっている。この主な原因は図-4 に示す河道特性の違いで説明できる。倒伏した樹木群(例、9.4km 右岸)は平水時水位と砂州高との比高差が小さい内岸砂州上に位置している。ピーク水

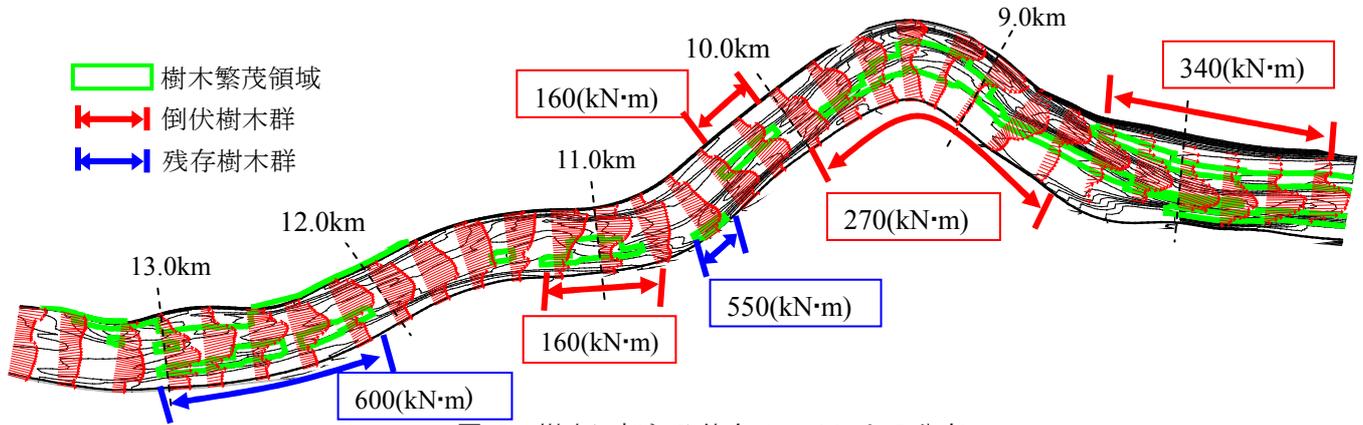


図-3 樹木に加わる外力モーメントの分布

位時には、主流は内岸寄りを走るため、砂州河床は大きな底面せん断力により洗掘を受け、砂州上に繁茂する樹木は倒伏または流出したと考えられる。事実、倒伏した樹木の根の周囲には大きな洗掘孔が見られた。一方、樹木が残存した箇所(例、10.6km 右岸)では堤防保護のため根固め工が施工されており、その上に樹木が繁茂している。その様な場所の河床はほとんど洗掘を受けないために、樹木自身は倒伏しなかったと考えられる。これより、大洪水といえども樹木の根元が大きな洗掘を受けず安定していれば、外力が作用するだけでは樹木はほとんど倒伏、流出しないこと、内岸砂州上の樹木は根元の洗掘を受けて倒伏、流出することが分かった。

図-5 に樹木の引き倒し試験から得られた土質別の倒伏限界モーメントと胸高直径の関係⁴⁾を示す。図には太田川の結果もプロットされている。引き倒し試験結果の代表長さには胸高直径を用い、太田川の樹木の検討では投影面積と等価な楕円を仮定し、その長径を用いている。樹木の引き倒しも、主流による倒伏も樹木に働く力による根張りの強さを倒伏モーメントで表現している。引き倒し試験の倒伏モーメントは太田川の倒伏、残存結果よりも大きい値を示すようである。これは引き倒し試験と実際の倒伏現象の違いが現れていると考えるべきであろう。すなわち、洪水時には樹木近傍の河床が洗掘を受けるため、安定した河床で行われた引き倒し試験より小さい外力モーメントで倒伏すると考えられる。従って、この結果からも洪水によって倒伏するほどの樹木は、その根元の河床が洗掘を受ける場所の樹木であることが分かった。

5. 結論

樹木に加わる流体力による外力モーメントから樹木倒伏と河道特性の関連性について検討を行った。この検討から、洪水流により樹木が倒伏するためには、樹木に流体力が作用するだけではなく樹木根元の河床が洗掘を受けることが重要であることが分かった。太田川では砂州上に繁茂する樹木には、洪水時 160(kN·m)の外力モーメントが作用すると倒伏することが明らかとなった。また、引き倒し試験結果は樹木の倒伏、流出に対して大きめの値を与えることを示した。

参考文献

- 1) 児子真也, 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) 後藤岳久, 福岡捷二, 児子真也: 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, 土木学会全国大会第62回年次学術講演会講演概要集, 2007
- 3) 福岡捷二: 洪水流の水理と河道の設計法, 森北出版, 2005
- 4) (財)リバーフロント整備センター: 河道の内樹木の伐採・植樹のためのガイドライン (案), 山海堂, 1994

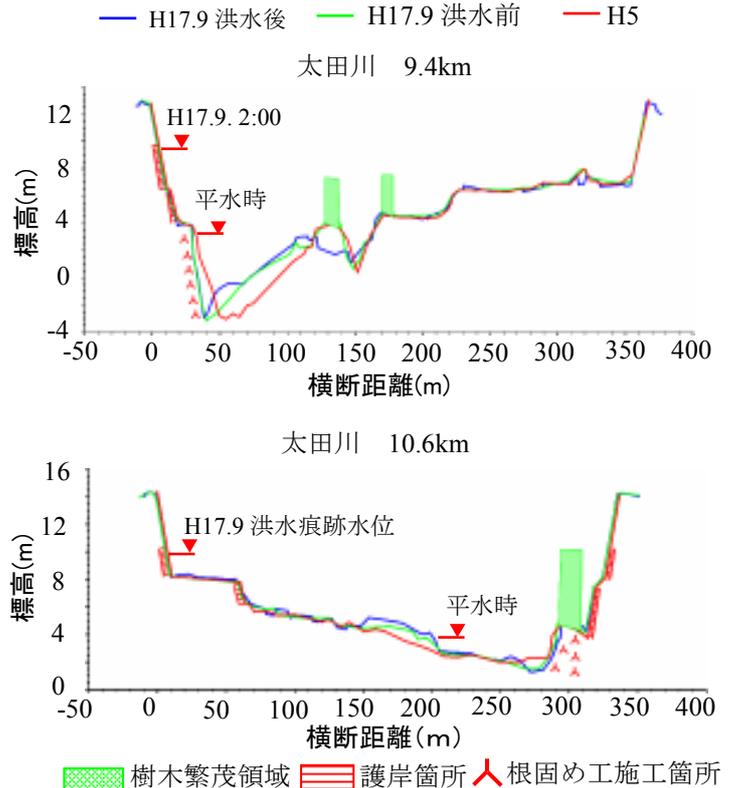


図-4 樹木繁茂箇所と横断形状の違い

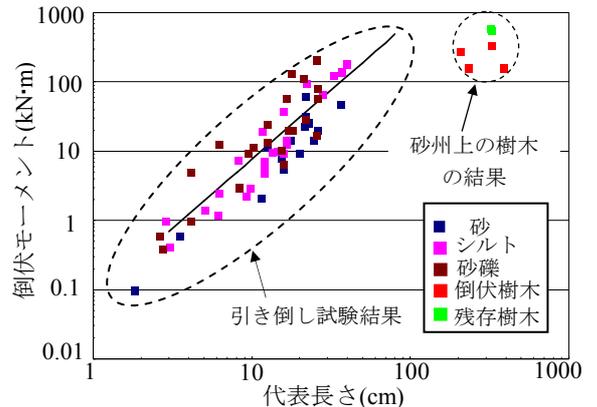


図-5 引き倒し試験との比較