

河川内の植樹に関する研究

研究第二部 次長 関 克己
主任研究員 唐 裕一

1. はじめに

近年、高水敷利用の増進等を目的とした植樹要望が高まっているが、高木の植樹が洪水流下に与える影響量の把握は技術的に不十分であった。

本研究は、ある程度改修の進んだ大河川を対象に、死水状態でない区域での高木の植樹が洪水流下に与える影響量を定量的に把握する方法を検討するとともに、植樹要請に河川管理者が対応していくための必要な事項についてとりまとめたものである。

2. 植樹による洪水水位上昇量の把握

(1)解析手法

植樹による水位上昇量を、植樹木の形状（大きさ）、間隔、配置を次式により粗度換算し、二次元不定流計算モデルにより算定することとした。

$$n_w = \left(\frac{a}{2g} C_D b' h^{4/3} \right)^{1/2}, \quad h \leq h_T \text{ のとき} \quad (1.a)$$

$$= \left(\frac{a}{2g} h^{1/3} (C_D b' h_T + C_D' A) \right)^{1/2},$$

$$h > h_T \leq h_T + h_r \text{ のとき} \quad (1.b)$$

ここに n_w ：樹木の粗度係数、 a ：単位河床面積当たりの樹木本数、 C_D ：幹部分の抗力係数、 b' ：胸高直径 C_D' ：樹冠部の抗力係数、 A ：樹冠浸水部分の投影面積、 h ：水深、 h_T ：枝下高、 h_r ：樹冠高

この樹木粗度と高水敷粗度を(2)式により合成すれば、植樹範囲の粗度係数 n を得ることができる。

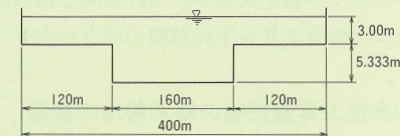
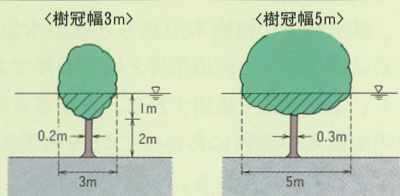
$$n = (n_{rp}^2 + n_w^2)^{1/2} \quad (2)$$

(2)計算条件

植樹が要請される河川は、一般的に大河川であることから、全国主要河川を参考に表一のように計算条件を設定した。

なお、本計算条件では、水深方向に流速が一定としているため樹木の抗力換算粗度を大きめに評価している等、水位上昇量が技術的に安全側（大きめ）に算出されていると判断できる。

表一 計算条件

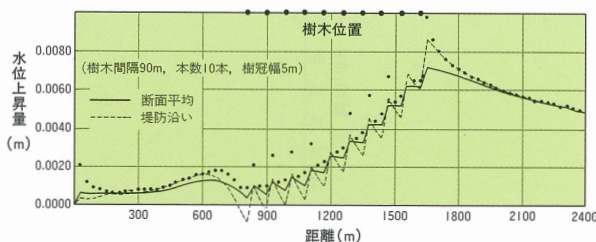
項目	内容
計算断面	
計算領域等	計算領域4,500m、横断方向(Δy)10m、流下方向(Δx)30m
河川勾配	$i = 1/1,500$
流量	$Q = 6,770 \text{ m}^3/\text{s}$ (高水敷上の水深が3mとなるようなQ)
モデル樹木	
粗度係数	高水敷0.035 低水路0.025 樹木を含むメッシュの粗度は(1)式及び(2)式より 樹冠幅3m……0.041 樹冠幅5m……0.050
計算時間隔(Δt)	$\Delta t = 0.1 \text{ sec}$

(3)樹木と水位上昇量の関係

①列植樹本数と最大水位上昇量の関係

列植樹本数 N が大きくなるにつれ、最大水位上昇量 $\Delta H_{\max}$ も大きくなるが、 $\Delta H_{\max}$ の値はある一定値に近づく傾向をみせる。 N を大きくすることは、粗度が一樣に連続することであり、当然 $\Delta H_{\max}$ は一定値となる。樹冠幅3m、樹木間隔180mのケースでは $\Delta H_{\max}$ は約4mmと推定された。

また、約1kmの区間に10本の列植樹を行ったとき（最も植樹密度が大きいケースに類すると考えられる）の水位上昇量の計算結果は約10mmであった。（図一参照）



図一 植樹形態による水位上昇量計算結果

②樹木の大きさと水位上昇の関係

樹冠部が浸水する場合、樹冠幅が大きいと水位上昇量 ΔH が顕著に大きくなる。樹冠幅5mのケースでは、同じく3mのケースと比較して水位上昇量は2倍以上となった。

③列植樹と千鳥植樹の比較

列植樹と千鳥植樹では最大水位上昇量 $\Delta H_{\max}$ は千鳥植樹のほうが若干大きい。これは同じ植樹区間長に対する密度が列植樹よりも千鳥植樹のほうが大きいためと考えられる。

(4)水位上昇量把握の簡易解法の提案

さまざまな河川条件、及び植樹条件に対し、綿密な計算を実施することは実用的でないことから、簡易に水位上昇量を把握するための手法を提案した。

今、図-2に示すような高水敷を有する河道を想定すると、高水敷上に植樹木があるときの水位上昇量(Δh)は(3)式に示すように河道条件と樹木条件であらわすことができる。この(3)式を活用すれば、さまざまな河道条件を持つ河川や樹木の形態にあわせて Δh を合理的ならびに簡易に計算することができる。

$$\Delta h = \frac{3}{5} h_{fp} \frac{\frac{h_{fp}^{1/3}}{4g} \cdot \frac{C_D A_w}{n_{fp}^2}}{1 + \frac{n_{fp}}{n_{mc}} \cdot \frac{b_{mc}}{b_{fp}} \left(\frac{h_{mc}}{h_{fp}} \right)^{2/3}} \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 g ：重力加速度、 A_w ：樹木の投影面積、 C_D ：樹木の抗力係数、 h ：水深、 b ：川幅、 n ：粗度係数
 fp は高水敷を mc は低水路をあらわす。

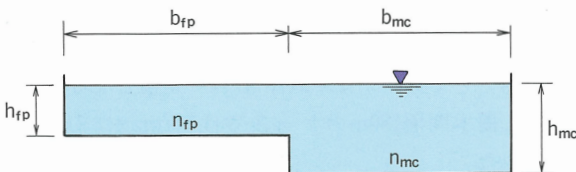


図-2 ΔH 算出式誘導の想定河道

図-3に簡易式と2次元不定流計算によって求められた ΔH の比較を示す。簡易式は縦断的に一様密度で植樹された場合の、等流状態を想定した水位上昇量算定式であり、2次元不定流計算は限定された区間の植樹で、等流状態に達していない現象の把握を対象としているので、樹木本数の増加にしたがって2次元不定流計算で得られて ΔH は等流近似の簡易式のものに漸近する。即ち、簡易式を用いるかぎり、ある限定された区間の植樹に対しては水位上昇量を安全側に評価することになる。

3. 植樹要請に対する河川管理者の対応のあり方

(1)植樹要請に対する河川管理者の役割

河川管理者と植樹要請者は、植樹までの一連の行為の中で役割を分担し、それぞれ適性な管理に努めなければならない。

河川管理者は、許可行為を行うにあたって植樹を許可できる区域や河川管理上支障がないと判断される植樹密度(区域内の植樹本数など)を事前に把握し、植樹要請者に対して公平でかつ合理的な指導を行うことが重要である。

一方、植樹要請者は、河川管理者の指導にもとづき植樹木の適正な管理を行う必要がある。

(2)植樹を許可できない高水敷上の区域の選定

①堤防に危険を及ぼすおそれのある区域

築堤区間において、堤防被害につながるおそれがある治水上の危険箇所については重要水防箇所重要度Aランクとして把握されており、この区域には植樹を許可すべきではないと考えられる。

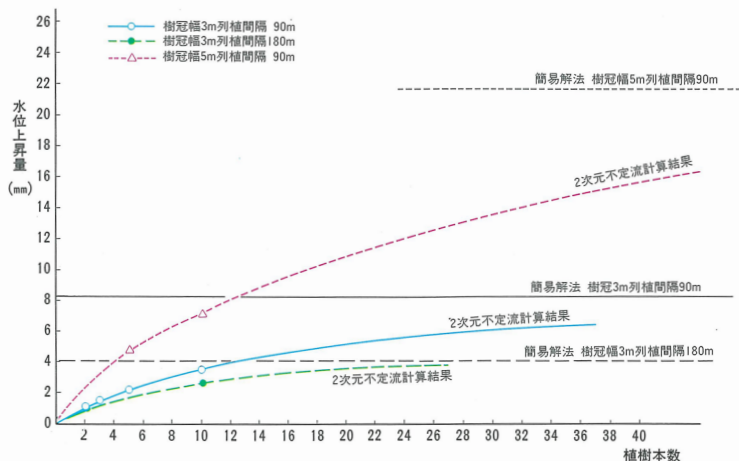


図-3 簡易解法と2次元不定流の計算結果比較

②河川管理施設等へ影響を与えるおそれのある区域

樹木の根は堤体、護岸等の河川管理施設等の構造破壊をもたらすおそれがあるほか、根の侵入以外にも洪水時の流速分布を変化させることで、護岸等に被害をもたらすことも懸念される。こうしたことから、植樹木と堤防ならびに低水路との距離は、現行植樹基準（案）で定められた距離を確保し、植樹木と構造物との距離は、「河川管理施設等構造令」で定められた必要護岸長の少なくとも2倍の距離を確保すべきである。

③植樹木の倒伏・流出のおそれのある区域

人工裸地の侵食限界摩擦速度を高水敷上の流速に換算すると約2m/s程度に相当する。したがって、2m/sを越える流速を発生するおそれのある高水敷上では洗掘防止工を施工しても、高水敷そのものの安定が保証できないこともあるため、このような区間では詳細な検討が必要である。

また、急拡部や湾曲部で、流木やゴミ等が集まりやすくなる区域では、植樹木に流木等が作用して倒伏しやすくなったり、出水後の植樹木周辺の維持管理が困難になるので、植樹を禁止する等の措置をとることが望ましい。

④河道等の閉塞のおそれのある区域

植樹木は万が一流出しても量は少なく、大きさも小さいことから、河道を閉塞させることはほとんどないと考えられる。しかし、下流にトンネル放水路や河道狭さく部がある場合には、植樹は不適當である。

(3)植樹密度ならびに植樹木の配置

①死水状態でない高水敷上の植樹密度

河川管理における植樹許可は、『〇〇規模の洪水を安全に流下できる区間で、かつ水位上昇量が〇〇を越えない範囲にかぎって植樹を許可する。』との立場から行うものとし、本研究の議論の中では、以下の理由で、それぞれ戦後最大の洪水規模及び1cmといった意見が多かった。

ア. 流下能力のない区間には影響量が微小とはいえ基本的に水位上昇要因をつくることは避ける。

イ. 計画流量を対象とするとほとんどの区間で許可できなくなってしまう、植樹許可の姿勢が問われる。したがって、管理上ある程度の安全性を保障でき、計画流量に準ずる戦後最大洪水流量程度が流下能力の目安として妥当ではないか。

ウ. 河道水流量位の計測技術、水位上昇量の予測技術、洪水時に発生する河床不安定挙動、樹木以外の河道水位上昇要因の存在、河道計画時の水位評価精度などを総合的に勘案した場合、1cm程度以下の水位上昇については、現在の

技術水準において、「水位上昇がない。」と判断されるのではないか。

このような考え方にに基づき、(3)式を用いて、管理上許容しうる水位上昇量（1cmとする）を与えたとき、その植樹密度が逆算される。

②植樹木の配置

既往洪水における樹木にかかるゴミ等の状況から判断して、横断方向ならびに縦断方向とも、植樹間隔は河道直線区間では40m以上、また湾曲部外岸側等で流木が集まりやすい範囲では80m以上を確保する必要があると考えられる。ただし、直線区間の縦断方向では、既往の洪水観測結果や2次元解析結果から判断して10m以内の近接植樹であれば問題ないと推測される。

(4)植樹木の管理

植樹木の管理は基本的には植樹実施者が行うものである。河川管理者は、植樹実施者に樹種の選定、倒伏防止工の設置、枝の刈り込みなどによる適正な樹形の維持等を指導すると同時に、適正な管理が行われていない場合には、必要に応じ、河川法第75条により当該植樹木の撤去等の監督処分をとるべきであると考えている。

4. おわりに

河川内の植樹許可にあたっては、植樹木が洪水流下に与える影響の把握精度が特に重要な要素であることから、本研究では水理解析をもとに、植樹木が洪水の流下に与える影響を定量的に把握するとともに、それをもとに植樹要請に対して河川管理者がどのように対応してゆくべきかについて検討を行ってきた。本研究には、まだ不十分な点もあると認識しているが、植樹木の水理的影響把握は、今後の河川管理に十分適用できるものと考えている。

なお、本研究は、平成元年度から平成4年度にわたり実施された「河道内の樹木の伐採・植樹に関する研究」の成果から、植樹の検討成果についてとりまとめたものであるが、この研究の成果は、「河道内の樹木の伐採・植樹のためのガイドライン(案)」としてとりまとめられ、平成5年11月に建設省河川局治水課より、その試行が通達された。今後、追跡調査を実施し、さらに内容の充実を図るとともに、景観や利用面からみた植樹の有用性や、治水とそれらが競合する場での検討の手法（意思決定論かもしれない）についても研究をすすめていかなければならないと考えている。