

東京工業大学 正会員 田中昌宏
東京工業大学 正会員 石川忠晴
佐 藤 工業 正会員 秋森和弘

1. はじめに

右の写真は利根川・126 km 付近の洪水航空写真(昭和56年)である。この写真に興味深い事は、低水路河岸付近からヒゲ状の模様状周期的に発生していることである。この部分を立体視してみると、ヒゲの部分の流速(周囲より遅くなっており、大規模な混合運動が起こっていること)がわかる。下の写真は同じ地点の平常時の写真であるが、低水路河岸付近にかん木群落(列)をなしており、その位置は洪水時のヒゲ状模様の位置に一致している。この洪水の際、水位が計画精度から推定される値を上回り問題となった。そこで、着目するヒゲ状の模様、かん木群落、水位の増大を次の仮説によって結びつけた。すなわち、"洪水中には、かん木が単独あるいは群で揺動し、周期的な横方向の混合を引き起こす。その結果、抵抗が増大し、水位が上がったのではないか。"

本研究は、低水路河岸付近に生えるかん木群落の抵抗特性について、現地調査と水理実験によって検討したものである。

2. かん木の特性及びたわみの推定

上記の仮説を検証するために、まず、かん木が洪水中で揺動する程度にたわむかどうかを確かめる必要がある。そこで、現地調査と室内実験によってかん木の特性を調べた。調査項目は、①かん木の構造、②かん木の洪水抵抗、③ヤング率、終局強度である。①に関しては、現地の代表的なかん木一本について、枝の太さ、長さ、そのつながり方、葉の枚数等を詳細に調べ、樹系図を製作した。②の洪水抵抗は図1に示すように枝部と葉部と原単位とし、枝部は円柱と仮定し、葉部は開水路における後流の速度欠損量の規定から求め、それらを積分することによって推定した。図2は①で製作した樹系図を基に、ある点で切ったときのその点の直径とそれより上にかかる抵抗及び抵抗モーメントの関係を示しており、それぞれ、直径の2乗、3乗に比例していることがわかる。③のヤング率と終局強度はアスファルト用曲げ試験機を用いて求めた。図3、4はその結果であり、ヤング率は直径に逆比例し、終局強度は直径によらずほぼ一定であることがわかる。この終局強度一定という結果と抵抗モーメントと直径の関係から、非常に興味深い結果が得られる。すなわち、かん木が洪水抵抗によって降伏する場合、全体がほぼ同時に降伏する。つまり、無駄のない合理的な構造になっているのである。

以上の結果から、洪水中のかん木のたわみを推定した結果が図5である。洪水写真より得られているかん木群中の流速が平均的に40cm/sであることから、かん木は相当たわんでいるものと推定される。



写真1-a 利根川洪水航空写真

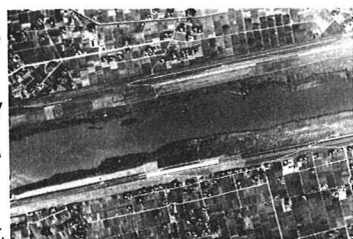


写真1-b 平常時の写真

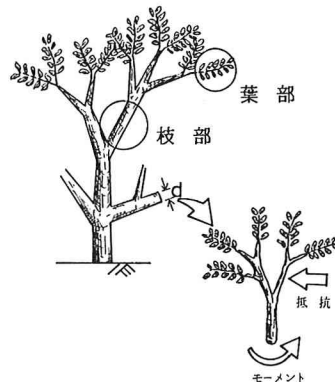


図-1 かん木の構造

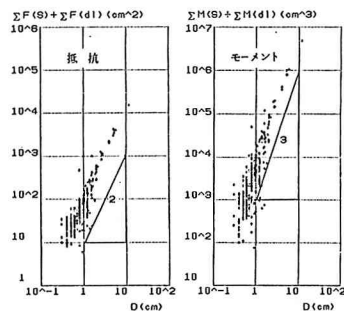


図-2 直径と抵抗及びモーメントの関係

3. 水理実験

現地調査の結果から、かん木は求水中でかなりたわんでおり、揺動する可能性が示された。水理実験では、かん木が流れの中で揺動した場合、どのような水理現象が生じるかを調べることを目的とする。実験水路内でかん木をモデル化するため、図6に示された横方向にのみ自由度を持つ非常に揺れやすい構造の模型を製作した。これを幅38cm、長さ約8mの一樣粗面の水路中央に、下流端から1~4mの区間に4cm間隔で一列にならべた。実験ケースは表1に示す3つの場合を考へ、実験条件は流量2.6ℓ/s、勾配1/200で一定とした。

Run 1の場合、かん木模型の列は振動的に揺動し、周期1.4秒、投長30cm程度であった。写真2は水面に粉状のトレーサーを入れたもので、黒い部分が速く、白い部分が遅くなっており、激しい混合が生じていることがわかる。これは先に示した求水時の航空写真にみられる現象と類似しているといえる。

さて、模型が揺れることごとの程度抵抗が増大するかを定量的におさえるために、Run 1~3の結果を用いてRun 1の場合の抵抗の配分を概算してみた。図7はその結果であり、揺れによる抵抗がかなり大きいことがわかる。もちろん、この結果をそのまま現地には適用できないが、かん木周辺の流速の遅い流体塊の混合とそれに伴う流れの揺動現象及びかん木の揺動現象を研究していくことの重要性を示唆しているといえる。

4. まとめ

低水路河岸付近に生えるかん木群落の抵抗特性に注目し、現地調査と水理実験から興味深い結果が得られた。

- ① 求水中のかん木はかなりたわんでおり、かなり揺動しているものと推測される。
- ② 水理模型実験では、模型が揺れることによる付加的な抵抗が観測された。また、模型による遅い流体塊の周期的な運動が発生するものが観測された。

以上より、現地においてかん木の存在による抵抗およびその混合効果が重要であると推測される。



写真-2 水理模型実験・水面のトレーサーの動き

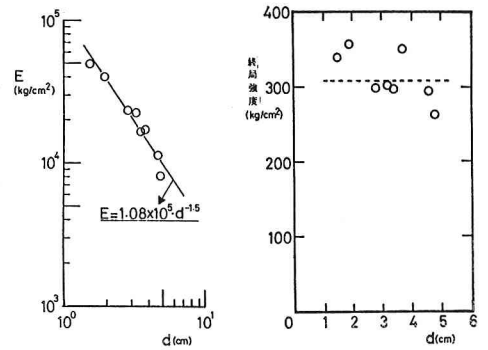


図-3 ヤング率と直径の関係 図-4 終局強度と直径の関係

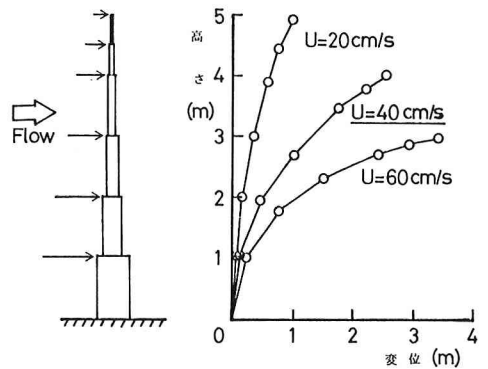


図-5 かん木のたわみの推定結果

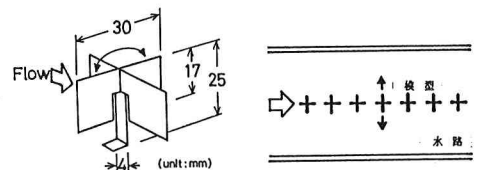


図-6 かん木の模型

表-1 実験条件

実験番号	状 態	水深 (cm)
Run-1	模型が揺れる	3.0
Run-2	模型を固定	2.8
Run-3	模型なし (底面粗度のみ)	2.3

Run-1の全体の抵抗		
底面 40%	模型 36%	揺れ 24%

図-7 抵抗配分