

II-28

津波氾濫流れによる植生群の相互干渉と作用流体力

秋田大学 学員○今井健太郎

秋田大学 正員 松富 英夫

1. はじめに 沿岸域や河道内の植生による、津波や洪水氾濫からの複合的な防災対策の有効性が近年、活発に言及されている。しかし、流れによる植生の変形に起因した流体抵抗を扱った研究例は少ない¹⁾。長波の特性を有する津波氾濫流や洪水波に対して、容易に変形を生ずる物体に作用する流体力を評価するためには、剛体に適用される抗力と慣性力の和で表現される Morison 式に加え、変形によって生ずる抵抗を考慮する必要があると考えられる。本研究では変形によって生ずる抵抗を評価するため、基礎研究として、氾濫流による植生の揺動や、植生群相互の干渉による抵抗特性、その作用流体力を実験的に評価していくことが目的である。

2. 実験 津波氾濫流はゲート急開流れで模擬した。水理実験には貯水部（水深 h_U ）が 5m、一様水深部（水深 h_0 ）、一様勾配斜面部（勾配 $S=1/26$ ）が 2m、一様勾配斜面部と接続された単純な平面陸上部が 2.0m、全長が 11m の両面ガラス張り鋼製矩形水路を用いた。水路下流端では氾濫流は自由に越流することが出来る。図-1 は計測項目についての諸記号の定義を示してある。 h_G は地盤高、 h_1 , h_2 は各々海側・陸側の浸水深、 u_1 , u_2 は各々海側・陸側の流速である。浸水深の測定は容量式波高計（計測技研製）を用い、陸上氾濫流速の測定は直径 3mm のプロペラ流速計（中村製作所製）を用いた。検査領域長 L の中央には分力計（SSK 製：定格容量 500gf）を設置して、植生に作用する流体力を直接測定した。 F_x は水平方向（流れ方向を正）の流体力である。陸上部に配置された模擬植生について、枝葉無しの場合、植生の樹幹部のみとして、直径 $d=4.0\text{mm}$ の硬質ウレタンゴムを用いた。枝葉有りの場合、空隙率 λ ($=1-\text{実質体積}/\text{植生の形状を取り巻く円錐体積}$) $=0.96$ 程度の消波材を用いて枝葉を模し、 $d=4.0\text{mm}$ の硬質ウレタンゴムを樹幹部とした。ただし、樹幹高 $h_r=1.5\text{cm}$ とした。樹幹部の材質については、各種流体力のうち、抗力が支配となるとして導いた樹幹部相似則（松富ら、2003）に基づいた材質の選択を行っている。また、この材質の弾性係数は $E=500\text{kgf/cm}^2$ 程度である。枝葉部に関しては形状を模したのみである。表-1 に実験条件を示す。ここで、 N は植生本数を

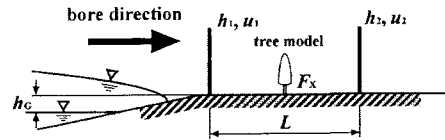
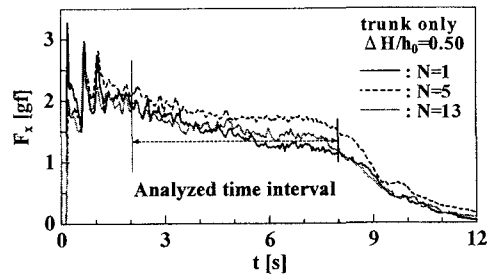


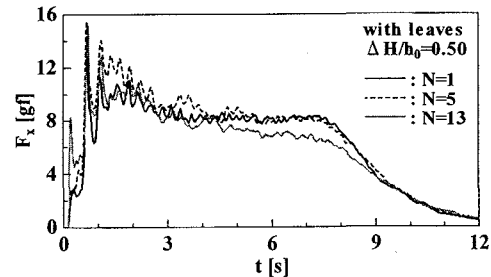
図-1 諸記号の定義

表-1 実験条件

h_U (cm)	11, 12, 13, 14, 15, 16
h_0 (cm)	6.67
h_G (cm)	1.5
S	1/26
L (cm)	50
N	0, 1, 5, 13
Pattern	Staggered
d (mm)	4.0
Leaves	trunk only or $h_r=1.5\text{cm}$, $\lambda=0.96$



(a) 枝葉無し



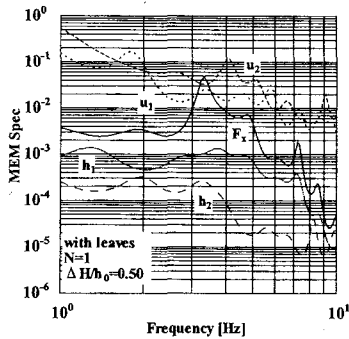
(b) 枝葉有り

図-2 F_x の経時変化例

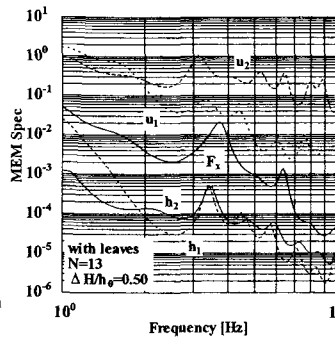
示し、 L の中央を中心として流れ方向に 10cm 間隔となるように $N=1\sim 13$ の範囲で千鳥格子に設置した。

3. 結果と考察

3.1 作用流体力 図-2(a), (b)に F_x の経時変化例を示す。以下、図中の $\Delta H/h_0$ は Stoker による無次元入射段波強さである。(a)は樹幹部のみの場合で、(b)は枝葉



(a) 枝葉有り N=1



(b) 枝葉有り N=13

図-3 各測定値におけるスペクトル解析結果

有りの場合である。(a)から、 N の違いによる F_X の顕著な違いは見られないが、準定常部分で F_X に特徴的な振動が生じることが判る。この振動が造波抵抗や流体の混合作用に関係すると考えられる。(b)から、氾濫初期において、 N による F_X の発達過程に違いが生じている。これは N が大きい場合、前列の植生の影響を強く受けることで堰上げが生じ、氾濫流が中央部の植生に到達するときには浸水深が大きくなっているため F_X が増加したものと考えられる。また、枝葉無しと同様、準定常時に F_X は振動を生じ、投影面積の増加や摩擦の影響で、枝葉無しの F_X に比べ3~4倍程度となった。群による影響としては、 N の増加に従って F_X は若干小さくなる結果となった。これは、前列植生による流速欠損の影響により小さくなったと考えられる。

3.2 スペクトル解析 植生の揺動や植生群による相互干渉を検証するために、MEMによるスペクトル解析²⁾を行った。その解析対象時間例は図-2(a)に示してある。図-3(a)、(b)は枝葉有りの各測定値におけるスペクトル解析結果である。両図より、 F_X の第1次固有振動数は3Hz~4Hz間で生じていることが判る。これは、空気中における硬質ウレタンゴムの第1次固有振動数より小さいものであるが、粘性流体中でのものと考えれば理解できる。図-3(a)から、植生の固有振動に対応した流速や浸水深の振動は陸側では若干見て取れるが、海側では顕著には見られない。これは植生の揺動が実験条件における外力に因るものではないこと、また植生の揺動が周囲には影響を顕著に与えていないことを示している。しかし、図-3(b)では植生の固有振動に対応した浸水深や流速のピークを持つことが判る。このケースの場合、海側、陸側ともにフルード数は0.7程度となり、植生の揺動が流速や浸水深に影響を与え

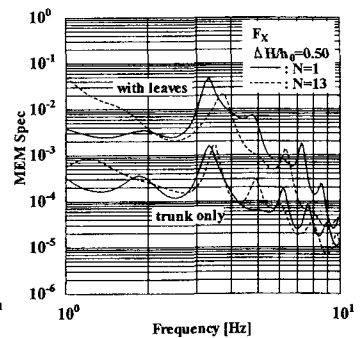


図-4 単独植生と植生群における F_X のスペクトル解析結果

得る。これより、植生の揺動による造波抵抗や混合作用の影響が周囲に及んでいることを示唆していると考えられる。

図-4は単独植生と植生群における F_X のスペクトル解析結果である。図から、 N に関わらず樹幹部による1次の固有振動数がピークスペクトルとして現れている。 $N=1$ の場合、枝葉の有無に関わらず、同程度の周波数でピークを生じる。枝葉による質量の増加、例えば、錘付きハリと考えると、この結果は矛盾するものである。 $N=13$ となると、植生相互の干渉に因るものか、枝葉の有無に関わらずピークスペクトルは若干高周波寄りに移行し、枝葉有りの方が高い周波数でピークを生じている。これは前列の植生から生じた衝撃波や前列の植生からの後流が干渉した結果と考えられる。枝葉無しの場合、高周波域においてもピークが生じているが、枝葉有りではそれが鈍る。また、高周波寄りでのピークは第 n 次の固有振動数を考えると小さいものである。これは枝葉による実質的な質量の増加、揺動加速度による付加質量の影響、そして接触面積増加による摩擦の影響により振動が抑制されているものと考えられる。

4. まとめ ①氾濫流により、植生に作用する流体力は特徴的な揺動を生じる。枝葉が有る場合、植生に作用する流体力は投影面積の増加や摩擦の影響で、枝葉の無い場合の3~4倍程度となる。②枝葉の有無や単独・群の違いにより、固有振動数が若干異なる。植生の揺動としては、群となると周囲に影響を強く及ぼす傾向にある。

<参考文献> 1) 石川忠晴・田中昌宏(1987): 開水路流中のかん木の抵抗特性に関する研究, 第31回水理講演会論文集, pp. 329-333. 2) 日野幹雄著(1977): スペクトル解析, 朝倉書店, pp210-223.