

樹木群密度の縦断変化が乱流構造に及ぼす影響

日本工営(株) 正会員 ○大本泰久
 広島大学工学部 フェロー 福岡捷二
 広島大学工学部 正会員 渡辺明英
 広島大学工学部 学生会員 駒井克昭

1. 序論

複断面河道の低水路河岸沿いに樹木群が繁茂する場合、樹木群内外での流速差のために大規模平面渦が発生する。これに伴い樹木群境界付近には、乱れによる大きなせん断力（Reynolds 応力）が働く。樹木群密度が縦断的に粗から密に変化する場合、平面渦は流下に従って規模が大きくなり、それに伴い Reynolds 応力も大きくなる。本研究では、樹木群の密度変化に伴う流れ構造、特に乱流構造の縦断変化の過程を河道模型実験から明らかにする。

2. 実験方法

実験に用いた水路の平面図を図-1、横断面図を図-2に示す。粗な樹木群は上流から 12.2m 設置され、その断面より下流は密な樹木群である。まず、容量式波高計を用いて樹木群付近の水位変動を縦断的に測定し、樹木群密度の縦断変化による流れ場の遷移領域を樹木位群密度の変化点から約 4m 下流の範囲であると特定した。この結果から、その領域においてレーザー流速計（LDV）を用いて三次元流速変動測定を行い、平均流速分布、Reynolds 応力分布の縦断的な変化を明らかにする。

3. 結果と考察

3-1. 平均流速分布

図-3 に断面内の主流速分布を示す。樹木群が密に変化すると主流速は樹木群付近で大きく減速され、低水路中央付近の最大流速は増大する。このため樹木群付近で横断方向の流速勾配が大きくなっている。特に、高水敷より上層で主流は大きく減速されている。

次に断面内 2 次流分布の発達過程を図-4 に示す。樹木群密度の変化に伴い、高水敷高さより上層では、樹木群から低水路中央に向かい低水路中央付近で下降し、高水敷高さより下層では低水路中央から高水敷に向かう 2 次流が大きくなっている。これは樹木群密度が密に変化することにより、水面

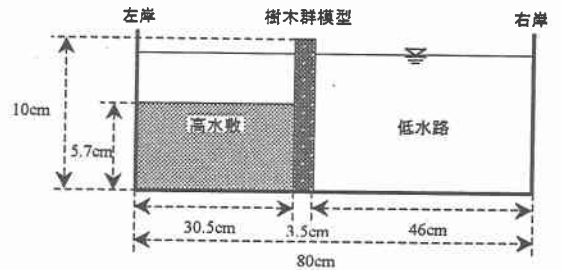


図-1 水路断面図

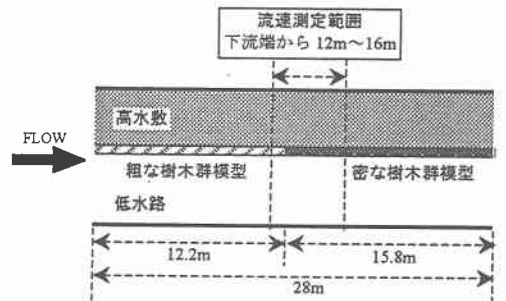


図-2 水路平面図

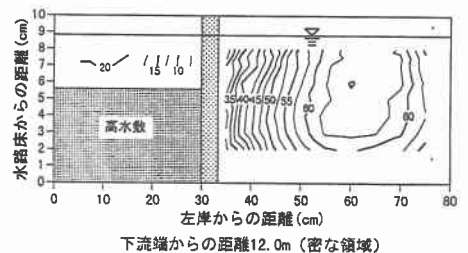
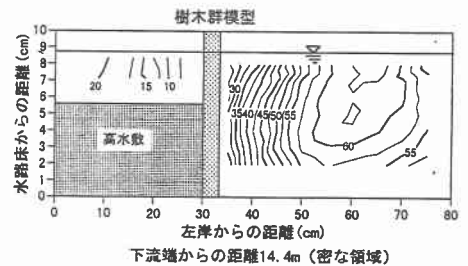
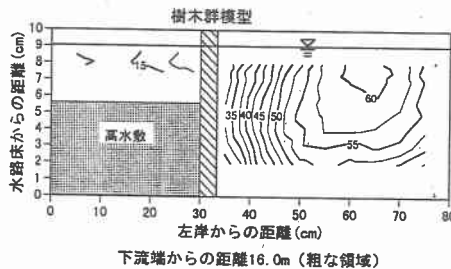


図-3 断面内主流速分布

付近において高水敷と低水路の水平混合が活発になることを示している。さらに下流では、水平混合に伴い2次流は低水路全体に及ぶようになる。

この流速場の形成を Reynolds 応力の測定によって調べる。

3-2. Reynolds 応力分布

低水路内で高水敷高さ（水路床から 5.7cm）を境に上層と下層に分割し、それぞれの層の厚さで平均した Reynolds 応力 $-\overline{u'v'}$ 、 $-\overline{u'w'}$ の縦断変化を図-5、図-6 に示す。樹木群が密に変化すると、まず、樹木群付近において上下層とも $-\overline{u'v'}$ が増大している。これは、樹木群内外の流速差が増大し、流れの混合が活発になったためと考えられる。特に下流端から 14.4m より下流では、上層での $-\overline{u'v'}$ の発達が顕著になり、次第に低水路中央付近にまで及ぶようになる。これに伴い低水路中央では、上層の低速な流れが下層の流れを減速することを表す負の $-\overline{u'w'}$ が増大する。これは、上層において平面渦の発達に伴い、特に活発な水平混合が起こり、大きな2次流が発生するため、低水路中央では鉛直方向の流速勾配が大きくなり、鉛直混合が激しくなることによると考えられる。図-7 に、これら Reynolds 応力の発生、発達の過程を模式的に示す。さらに流下すると $-\overline{u'v'}$ 、 $-\overline{u'w'}$ の変化はほとんど見られなくなり、ほぼ一定に保たれていることから流れが平衡状態になっているといえる。

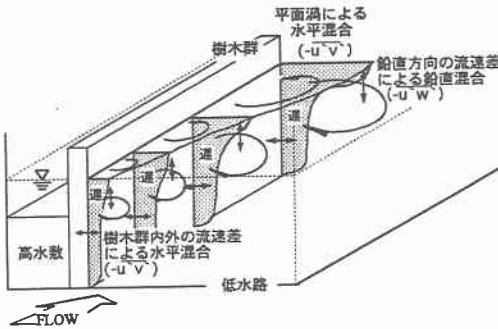


図-7 Reynolds 応力の発生、発達の模式図

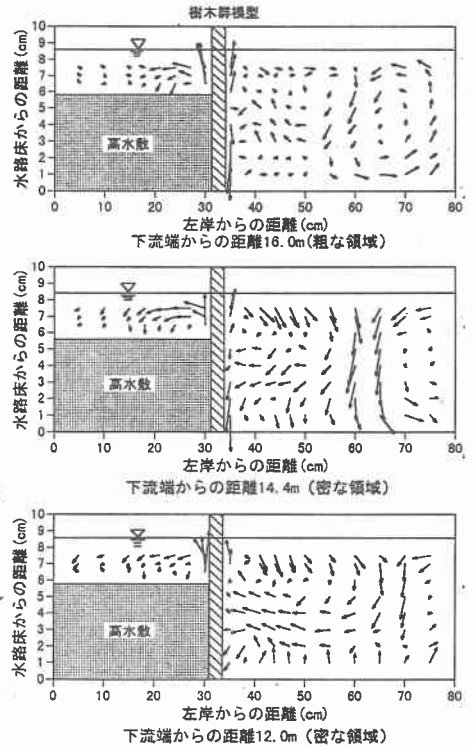


図-4 断面内2次流分布

図-7 に、これら Reynolds 応力の発生、発達の過程を模式的に示す。さらに流下すると $-\overline{u'v'}$ 、 $-\overline{u'w'}$ の変化はほとんど見られなくなり、ほぼ一定に保たれていることから流れが平衡状態になっているといえる。

4. 結論

樹木群密度が粗から密へ変化する遷移的な流れ場の Reynolds 応力 $-\overline{u'v'}$ 、 $-\overline{u'w'}$ の縦断的な変化の過程を明らかにし、平均流速場の特徴を考察した。

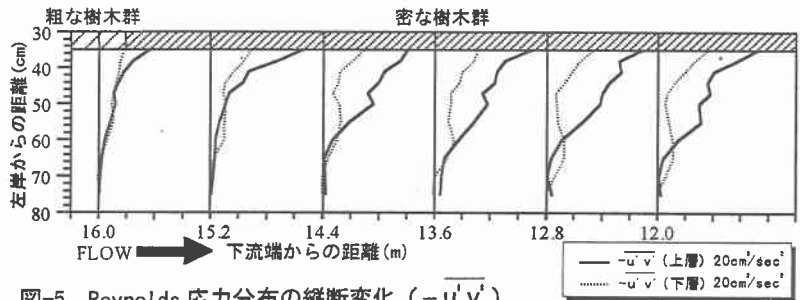


図-5 Reynolds 応力分布の縦断変化（ $-\overline{u'v'}$ ）

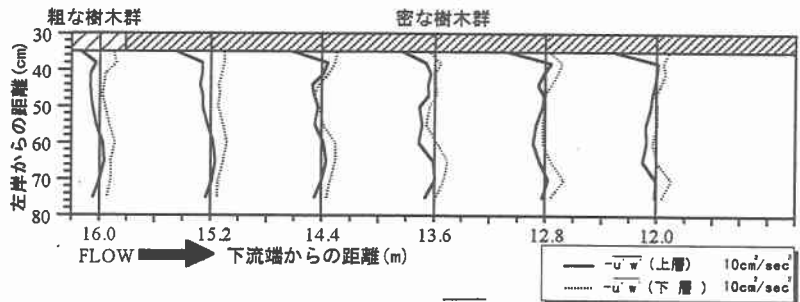


図-6 Reynolds 応力分布の縦断変化（ $-\overline{u'w'}$ ）