

## 洪水流による高水敷上ヨシ原の倒伏機構と粗度係数

広島大学大学院 学生会員 ○井内拓馬      広島大学大学院 フェロー会員 福岡捷二  
 九州大学大学院                                  島谷幸宏      国土交通省武雄河川事務所 高瀬 智  
 建設技術研究所 正会員                      田村浩敏      広島大学大学院 正会員 渡邊明英

## 1. はじめに

高水敷上にヨシ等の背の高い草本類が繁茂している河川において、洪水時の草本類の挙動と粗度係数の関係を把握することは、流下能力を評価する上で重要である。本研究では、六角川水系牛津川の流下能力を評価するために、まず、六角川高水敷上のヨシ原内に作製された実験水路により、鉛直方向に実スケールとなる洪水流を与え、洪水時のヨシの挙動と水面形等から、ヨシ原の倒伏機構と粗度係数の関係を明らかにする。そして、この実験結果を参考に、六角川の支川牛津川の平成14年9月出水についてヨシの倒伏、非倒伏などの挙動を考慮に入れた水面形の計算方法を提示し、痕跡水位と比較検討している。

## 2. ヨシ原内通水実験

## 1) 実験概要

六角川 10.2km 左岸高水敷上に繁茂しているヨシ原内の長さ 50m、幅 3.5m、高さ 2.9m の直線水路において通水実験を行った。水路の横断面形はヨシが繁茂した幅 3.3m の高水敷とヨシのない幅 1.2m の低水路からなる。六角川の高水敷上の計画水深は約 2m、ヨシの繁茂高が 2~3mであることを考慮して、水路深さは 2.5m、低水路床は高水敷地盤高から 0.4m 下げ、また、平均河床勾配は水平に設定している。

実験では、流量、水深を変化させ、横断面内流速分布、水面形、ヨシの挙動などを測定している。実験条件を表-1に示す。横断面内の流速測定は、水路上流端から 16m、36m に位置する 2 断面において実施しており、水位測定は、縦断的に 2.5m 間隔の 17 断面で実施している。

## 2) 水流によるヨシの挙動

各実験ケースにおけるヨシの挙動を表-1に示す。ここで、たわみとは水面から上に突出していないが、水面付近でなびいている状況が確認できるものとし、倒伏とは水没し水路の上から見えない状態を表している。図-1 は高水敷における水深と平均流速の関係、図-2 は上流側測定断面で測られた流速分布から死水域、ヨシの倒伏高さの決め方を示している。ヨシの倒伏時の高さは、高水敷上における死水域を除く流水部分面積をその水面幅で除した流水部分高さをヨシ部の水深から差し引くことによって求めている。高水敷平均流速は、ヨシが繁茂した高水敷の流速分布において 0.1m/s 以下の流速部分は死水域とみなして算出している。以上の方法で求められたヨシの倒伏高さは約 0.7m となり、そのときの水理量は図-1 から高水敷水深が 2m 以上、ヨシ上の流速が 0.4m/s 以上となることが分かる。

表-1 実験条件とヨシの状態

| ケース | 流量<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 下流端<br>角落し高<br>(m) | 低水路<br>平均<br>水深<br>(m) | 流速測定断面の<br>ヨシの状態 |     |
|-----|---------------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----|
|     |                                 |                    |                        | 上流側              | 下流側 |
| 1   | 0.91                            | 1.4                | 2.1                    | 直立               | 直立  |
| 2   | 1.78                            | 1.4                | 2.3                    | 直立               | 直立  |
| 3   | 2.33                            | 1.4                | 2.3                    | 倒伏               | 直立  |
| 4   | 3.13                            | 1.4                | 2.5                    | 倒伏               | 直立  |
| 5   | 3.70                            | 1.4                | 2.5                    | 倒伏               | たわみ |
| 6   | 3.42                            | 1.2                | 2.3                    | 倒伏               | 直立  |
| 7   | 3.15                            | 1.5                | 2.6                    | 倒伏               | たわみ |
| 8   | 2.68                            | 0.8                | 1.8                    | たわみ              | 直立  |
| 9   | 3.91                            | 1.2                | 2.4                    | 倒伏               | たわみ |

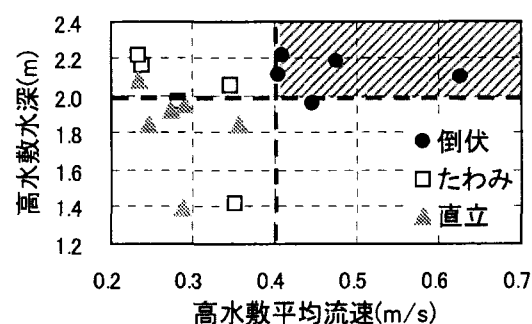


図-1 高水敷上の水深と平均流速の関係

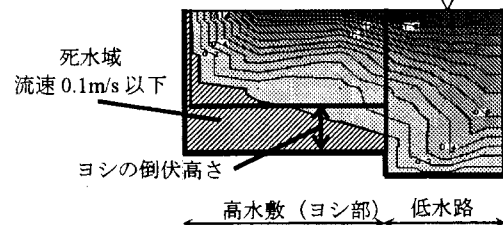


図-2 死水域、ヨシ倒伏高さの設定

### 3) ヨシ原を有する水路の水面形と粗度係数の推定

ヨシ倒伏区間には、ヨシが倒伏している上流側流速測定断面の流水断面形状（図-2 参照）および逆算粗度係数を与え、ヨシ非倒伏区間では、ヨシが倒伏していない下流側流速測定断面での断面内流速分布と通水中のヨシの状態から流水断面形状を推定している。低水路と高水敷の粗度係数は低水路部分と高水敷部分の境界で働く見かけのせん断力を考慮した力の釣り合いから算出しており、ヨシが高水敷全幅で倒伏すると、高水敷粗度係数は概ね  $n_f=0.05$ 、ヨシが直立しているときは図-3 に示すように高水敷上の大部分は死水域となり、高水敷粗度係数は  $n_f=0.10\sim0.25$  となる。図-4 には上流区間でヨシが倒伏している実験ケースについて、準二次元不等流計算による水面形の再現結果を示している。計算水位は下流から上流に向かって水面勾配は小さくなり、各ケースとも下流端の角落との影響のため下流区間では水面勾配が大きく、上流区間では水面勾配は小さくなっている。水面形の計算結果は実測水面形をよく表現している。

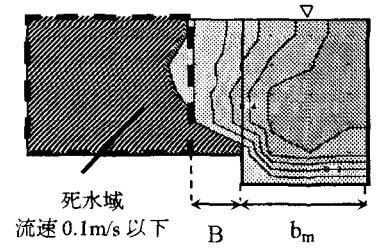


図-3 実験ケース1 上流側流速分布図

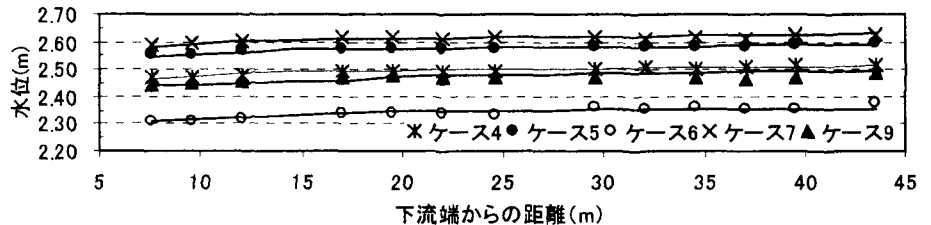


図-4 不等流計算による実験時の水面形再現

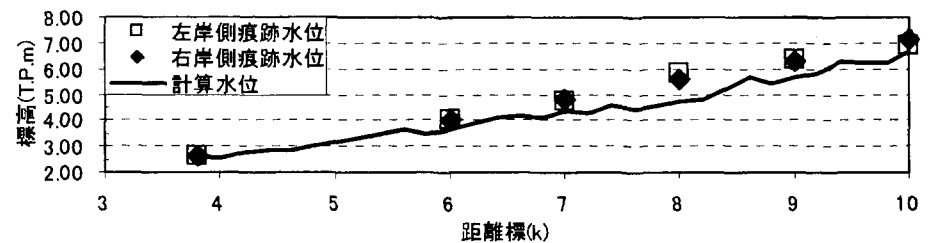


図-5 不等流計算による牛津川平成14年9月出水時の痕跡水位再現

### 3. 牛津川平成14年9月出水時の痕跡水位再現計算

現地通水実験から得られた成果を基に、牛津川における平成14年9月出水時の痕跡水位の再現を準二次元不等流計算により行う。解析対象区間はヨシ密生区間で出水時の痕跡水位が得られている3.8k～10.0kであり、ヨシの状態は6.7kを境に上流で倒伏またはたわみ、下流で直立となっている。ヨシ直立区間における流水断面形状は、図-3 に示す断面流速分布図を参考にして痕跡水位縦断分布とヨシの生育状況から設定する。すなわち、実験水路における高水敷上流水面幅  $B$  に対する低水路幅  $b_m$  の比  $b_m/B$  と現地における低水路河岸から高水敷上が完全に死水域となる領域までの横断距離  $B'$  に対する最深河床位置から低水路河岸までの横断距離  $b_m'$  の比  $b_m'/B'$  を等しくなるように  $b_m'$  を決める。一方、ヨシの状態が倒伏またはたわみである区間については痕跡水位とヨシ繁茂高さの比較より、一番下の葉までの高さの平均的な値2.0mを高水敷上の死水域とする。これは水没の場合、葉の部分は倒伏するという事実によっている。粗度係数は、低水路については、 $n_m=0.023$ 、高水敷については、ヨシ直立区間は実験水路でのヨシ直立時の平均的な値として  $n_f=0.175$ 、ヨシ倒伏またはたわみ区間は類似した実験ケースから、 $n_f=0.08$  としている。以上のように流水断面形状と粗度係数を与え準二次元解析を行うと、計算水位は図-5 に示すとおり、痕跡水位をやや下回る結果となる。

### 4. 結論

ヨシが全幅倒伏したとき、ヨシの倒伏高さは地盤から約0.7m、高水敷水深は2.0m以上、高水敷上の平均流速は0.4m/s以上、高水敷粗度係数は  $n_f=0.05$  程度となる。一方、ヨシが直立している場合は、高水敷上の大部分が死水域となり、このときの高水敷粗度係数は  $n_f=0.10\sim0.25$  程度の値となる。

牛津川の平成14年9月の洪水に対し、実験結果を参考に、流水断面形状および粗度係数を設定した。これらの条件を用いると、計算水位は洪水時の痕跡水位をやや下回る結果となった。