

## 沙流川 2003 年 8 月洪水時に倒伏した河畔林の倒伏試験

（株）北開水工コンサルタント 正会員 ○油川 曜佑

（独）北海道開発土木研究所 正会員 渡邊 康玄

（独）北海道開発土木研究所 正会員 阿部 修也

### 1. はじめに

流木は洪水時の流水の障害を招いたり構造物の破損を生じることから、河畔林の流木流出対策を行なうことは河川整備・管理上、非常に重要である。2003 年 8 月に発生した台風 10 号により、北海道胆振地方の東端に位置する沙流川では多くの流木が確認された<sup>1)2)</sup>。このことから、著者らは河畔林と流木の関係を把握するため中流域において洪水直後の河畔林の状態について調査を行った。ここでは、その調査と同時に進められた流体力と河畔林の倒伏との関係を把握する目的で行った河畔林の倒伏試験結果について報告するものである。

### 2. 標準地河畔林倒伏状況調査の概要

沙流川は幹線流路延長 104km、流域面積 1,350km<sup>2</sup>をもつ 1 級河川である。洪水後の調査を実施した箇所は、沙流川中流（河口から 14.5km の地点）の堤外地右岸を選定した。調査地は河道から高水敷にかけて、河畔林が低木林～亜高木林～高木林と推移しており、流域の河畔植生を代表する構造を呈している。調査範囲は河畔林を横断方向に 50m 縦断方向に 25m の帯状に区切り、このうち写真 1 に示したように下流から領域 A、領域 B、領域 C とした。毎木調査の対象としたのは、3 領域で 1,971 本であった。樹種についてはほとんどがヤナギ類でありエゾノキヌヤナギ、オノエヤナギが圧倒的であった。また、胸高直径 4～7cm の個体が多く、平均は 7.2cm であった。樹高は 4～6m のものが多く、平均で 6.6m であり、河道中央に近い箇所ほど、上流側の領域ほど樹高の低い傾向が見られた。さらに倒伏角度については、完全に倒伏しているものも存在するが、そのほとんどは傾いた状態となっており、河道に近い箇所ほど、また上流側のブロックほど倒伏角度の大きいものが多く、倒伏方向も一定の方向を示している傾向が見られた。

### 3. 河畔林の倒伏試験

調査地における樹木の耐倒伏力を把握するため、調査地を代表すると思われる 31 本について、倒伏試験を行なった。試験を行った樹木の諸元を表 1 に示す。倒伏試験は、樹木の根の部分にかかるモーメントを徐々にくわえていき、モーメントとそのときの倒伏角度を測定しながら、樹木が完

Key Ward: 倒伏試験・モーメント・倒伏角度

連絡先: 〒080-0314 北海道河東郡音更町共栄台西 11-1

tel:0155-31-0648 Fax:0155-31-4499

表 1 引き倒し試験を行なった樹木の諸元

| 試験No | 樹高(m) | 胸高直径(cm) | 試験No | 樹高(m) | 胸高直径(cm) |
|------|-------|----------|------|-------|----------|
| 1    | 4     | 3        | 17   | 8     | 8        |
| 2    | 5     | 4        | 18   | 6.8   | 8        |
| 3    | 4     | 4        | 19   | 8.5   | 9        |
| 4    | 4.5   | 4        | 20   | 7     | 9        |
| 5    | 6     | 5        | 21   | 9     | 10       |
| 6    | 4.5   | 5        | 22   | 9     | 11       |
| 7    | 6     | 5        | 23   | 11    | 11       |
| 8    | 5.5   | 5        | 24   | 11    | 12       |
| 9    | 7     | 6        | 25   | 12    | 13       |
| 10   | 7     | 6        | 26   | 12    | 14       |
| 11   | 6.5   | 6        | 27   | 15    | 15       |
| 12   | 7     | 7        | 28   | 14.5  | 16       |
| 13   | 7     | 7        | 29   | 15    | 17       |
| 14   | 7.5   | 7        | 30   | 14    | 17       |
| 15   | 8     | 8        | 31   | 15    | 18       |
| 16   | 8.5   | 8        |      |       |          |



写真1 沙流川標準地

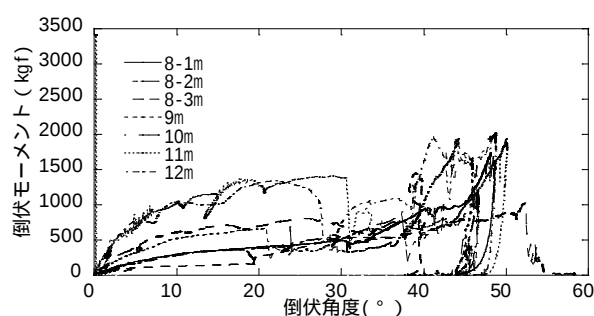


図1 樹木の倒伏角度と倒伏モーメントの関係

全に倒伏するまで実施している。図1に測定結果の1例を示した。図2は、倒伏限界モーメントと試験木の樹径との関係を見たものである。調査対象河川である沙流川に隣接する鶴川の調査結果<sup>3)</sup>もあわせて示しているが、今回の調査箇所の樹木は、鶴川における試験箇所に比べて倒伏しにくい状況であることがわかる。これは生育地の土壌等の影響によるものと考えられる。既往最大の洪水に対し流木化せずに生き残っている樹木が存在したことは、このように試験地の樹木が倒伏しにくいことに起因している。

一方、試験においては、樹木が完全に倒れるまでのモーメントと倒伏角度と記録していることから倒伏角度とそのときのモーメントを関係付けることが可能である。倒伏角度  $10^\circ$  および  $40^\circ$  のときを 1 例として樹径とモーメントの関係を見たものが図 3 である。この関係を式(1) で表現し、各倒伏角度における係数  $a$  を整理したものが表 2 である。

$$M_i = a_i d^2 \quad (1)$$

ここで、 $M_i$ ：モーメント， $a_i$ ：係数， $d$ ：樹径であり、添え字の  $i$  は各倒伏角度を示している。ただし樹種、土質等樹径以外の要素を無視し最小二乗法により求めている。この係数と倒伏角度の関係を整理すると、図 4 となる。これらの結果は、樹木が倒伏する過程を再現していると考えられる。徐々に荷重がかかり倒伏角度  $10^\circ$  前後の倒伏モーメントを閾値とし、それ以降はより大きな負荷が働かなくても樹木は倒伏する。その後、倒伏角度  $50^\circ$  前後のとき急激に倒伏モーメントが増大する。このときの倒伏モーメントは倒伏限界モーメント、樹木が完全倒伏するときの負荷であると考えられる。すなわち、洪水後の倒伏状況調査により観察された各樹木の倒伏角度の  $10^\circ$  から  $40^\circ$  の範囲は各樹木が受けた流体力に有意な差を認めることが出来ないこととなる。従って、洪水後の倒伏樹木調査においては、完全に倒伏した状態か否かの 2 通りの判断で、流体力を推定することとなり、完全倒伏時の角度を求めることが重要な事項となる。図 5 は、倒伏試験を行った各樹木の倒伏最大角度と倒伏モーメントの関係を示したものであるが、樹径によらず  $50^\circ$  で完全倒伏していることが示されている。今回の試験では多少ばらつきはあるものの樹径によらず  $50^\circ$  前後で完全に倒伏する結果を得た。

#### 4. おわりに

今回の樹木の倒伏試験により、倒伏角度と倒伏モーメントの関係にはステップが存在することが明らかとなった。このことから、倒伏調査による樹木にかかる流体力の推定には、限界倒伏角度の把握が重要であることが明らかとなった。なお、今回の調査では、倒伏限界モーメントの発生する角度は樹径によらず一定の値となった。このことは重要な知見であるが、他の箇所においても成り立つものかは今後の調査が必要である。

#### 参考文献

- (1) (社)土木学会水工学委員会：平成 15 年台風 10 号北海道豪雨災害調査団報告会, 2004
- (2) 鈴木優一、渡邊康玄：出水に伴い発生した流木の影響，河川技術論文集第 10, pp107-112, 2004
- (3) 渡邊康玄、橋本識秀、三谷修司：鶴川平成 4 年 8 月洪水における河道内樹木の倒伏調査，土木学会第 47 回年次学術講演会講演概要集, pp181-188, 1994

表 2 倒伏角度における回帰式の定数値

| 倒伏角度 $i$ ( $^\circ$ ) | 定数 ( $\cdot 10^5$ ) |
|-----------------------|---------------------|
| 5                     | 5.02                |
| 10                    | 7.07                |
| 15                    | 7.4                 |
| 20                    | 7.37                |
| 25                    | 7.35                |
| 30                    | 7.32                |
| 35                    | 7.74                |
| 40                    | 8                   |
| 45                    | 8.97                |
| 50                    | 13.7                |

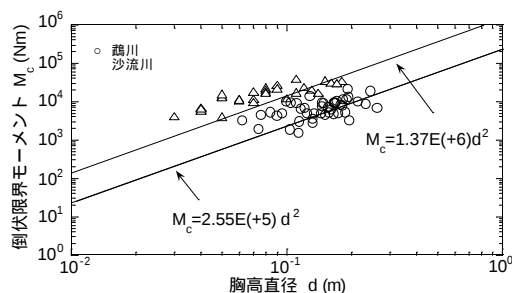


図 2 試験地による樹木倒伏の比較

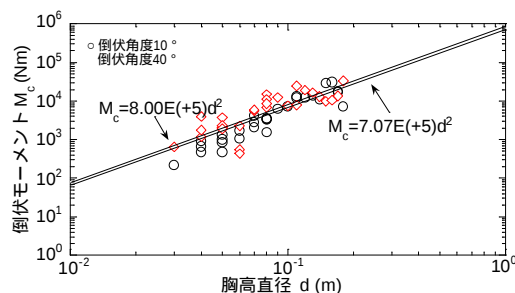


図 3 倒伏角度  $10^\circ$ 、 $40^\circ$  のときの樹径とモーメントの関係

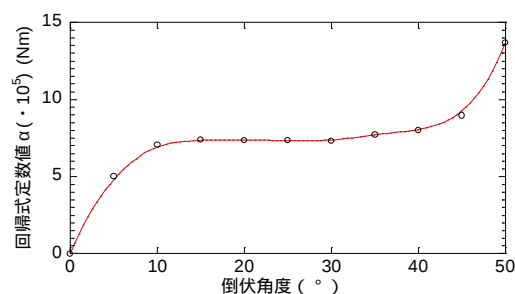


図 4 倒伏角度と回帰式定数値の関係

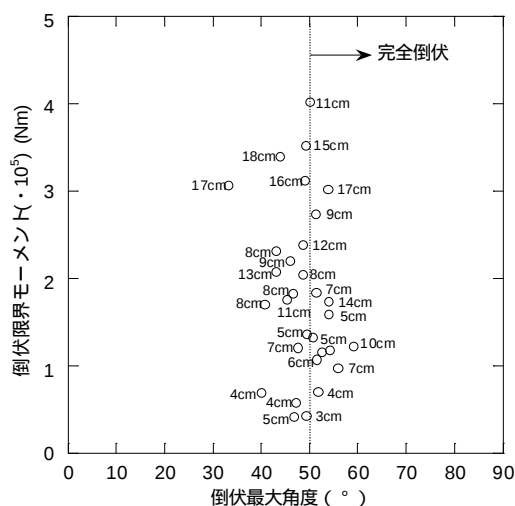


図 5 倒伏最大角度とモーメントの関係