

流木に関する研究

舞鶴工業高等専門学校 正 田中祐一朗

1: はしがき 流木に起因する災害は近年減少の傾向にあるが、人工貯水池には多くの流木が流出してダム管理上困難な問題を呈起している。本研究は山地からの流出流木量の予測と流木の橋脚堆積による堰上げ水位について若干の検討を行なった。

2: 流木の流出量 山地からの樹木の流出は降雨時に崩壊する斜面上に生育していたものが流木として溪流へ供給されると考えるのが自然である。斜面崩壊発生時、斜面上の樹木に作用する引抜き抵抗カQを筆者は次のように求めた。

$Q = (P+W)\cos\theta + F$ (1)
右図のようなモデルを考えると、 $W = \gamma \cdot V$ (2)

$V = \frac{\pi}{3} j^3 (4 + 3 \tan\phi)$ (3)

$F = (S+S')C$ (4) 図-1 樹根のモデル

$d \div j$ と仮定して、 $S' = \pi j^2$ (5)

$S = \pi j^2 \sec\phi (z + \tan\phi)$ (6)

を用いて、 $C_p = Q / \pi j^2 C$ (7)

で定義される植物係数 C_p は次のように求まる。

$$C_p = \frac{\cos\theta}{(1+\tan\phi)^2} \left[\frac{P}{\pi j^2 C} + \frac{j\gamma}{3C} (4+3\tan\phi) + \sec\theta \{ 1 + \sec\phi (z + \tan\phi) \} \right] \quad (8)$$

植物の存在によって土の粘着係カCは、

$$C' = C(1+C_p) \quad (9)$$

のように増加する。図-2は(8)式によつて C_p の値を計算した結果であり、これと(9)式よりCは植物の影響によつて裸地より約3倍程増加することが判る。さらに筆者は均質な半無限長斜面での力の釣り合い条件式に、降雨は全て地中に浸透するとした地

下水の連続式を用いて斜面崩壊発生時の降雨条件式を導いた。²⁾

$$r_p \{ R_p + R_i / (1 + 4.6/m_e) \} \geq \frac{C(1+C_p)\sec^2\theta - D\delta(\tan\theta - \tan\phi)^2}{(\delta_t - r)\tan\theta + (r - \delta')\tan\phi} \cdot \frac{m_e^2 k \tan\theta}{L} \quad (10)$$

R_i は先行降雨量で崩壊発生前となる期間内の総雨量である。

$$t_i = 4.6/m_e L / k \cdot \tan\theta \quad (11)$$

(10) 式をLについて解くと次のようになる。

$$L \geq \frac{C(1+C_p)\sec^2\theta - D\delta(\tan\theta - \tan\phi)^2}{\{ (\delta_t - r)\tan\theta + (r - \delta')\tan\phi \} r_p \{ R_p + R_i / (1 + 4.6/m_e) \}} \cdot \frac{m_e^2 k \tan\theta}{L} \quad (12)$$

流域内の山地

での斜面長分

布は右図のよ

うに対数正規

分布をなす。

(12) 式より r_p

R_p は降雨時

の崩壊発生確

率は右図の超

過確率 $P(L)$ で

与えられる。

この $P(L)$ と四

手井³⁾による単位面積当りの立木量係数 $a_w = 150(m^3/ha)$ を用いると、ある降雨期間T内で山腹から供給される流木量はAを流域内の山地面積として次のように求められる。

$$V_w = \int_0^T a_w \cdot P(L) \cdot A \, dt \quad (13)$$

流木量が調査されたデータは少ないが、表-1

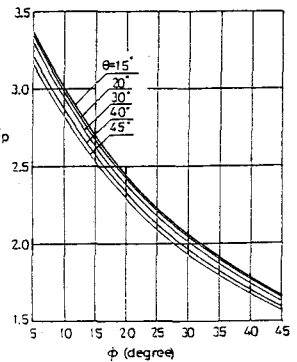


図-2. C_p の計算値

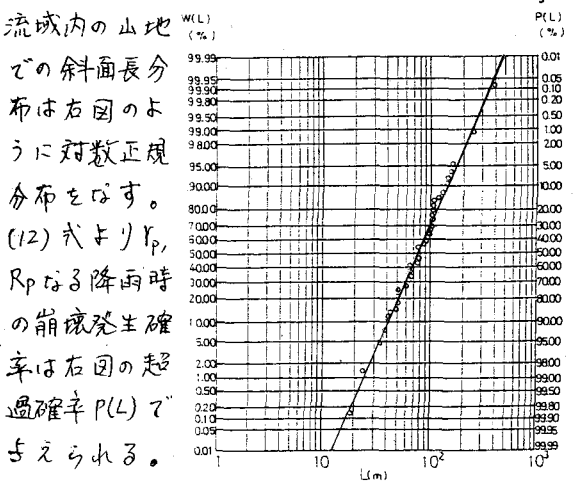


図-3. 崩壊の発生確率

に示すように計算値と実測値のオーダーは合っていると見なすことができよう。

表-1. 計算値と実測値との比較

生起年	流域	山地面積	計算流量	実測流量
昭28	有田川	197.7 (km ²)	292,000 (t)	258,000 (t)
昭33	狩野川	100.0	32,000	22,000

る: 橋脚による流木の堆積 流量2種、

橋脚数3種、マッチ棒による流木量2種、糸屑による流草量2種変化させた合計24種の実験を行なった。実験結果の次元解析より、堆積開始

時間 t_d について $\frac{t_d}{Q_w}$ (min)

$$t_d = 4.7 \times 10^{-7} \frac{V_p V_b}{Q_w^2} \quad (14)$$

右図に見るように結果は必ずしも良好でないが、

堆積確率を小に

図-4. 橋脚への堆積開始時間するには、すなわち $t_d \rightarrow \infty$ でスパン $b \rightarrow$ 大、

流木量 $\rightarrow$ 小とすることが有効である。図-5

に橋脚周辺での

流水の様子を示す。堰上げ水深

Δh について足立

$$\Delta h = f \cdot \left(\frac{V_p^2}{2g} \right) \quad (15)$$

として係数 f を V/a で実験値を整理した。

しかし f は堆積した流木の密度(又は空隙率 λ)と最も関係が深いと思われる。実験より

入を直接測定することは困難なため、次のように求めた。管路でのバルブの損失水頭

についてのWeisbachの f 値とバルブ開度 λ (通水断面積比すなわち空隙率)との関係を図

-6に示す。実験値より逆算

される f の概々

図を図上に記入してある。

f は約1桁程

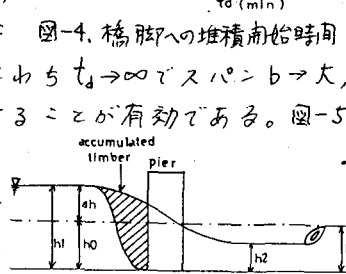
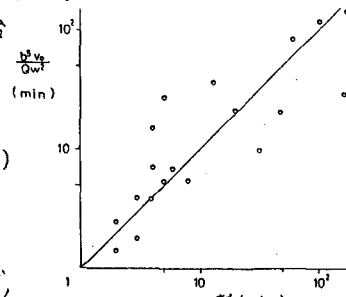


図-5. 橋脚周辺の流れ

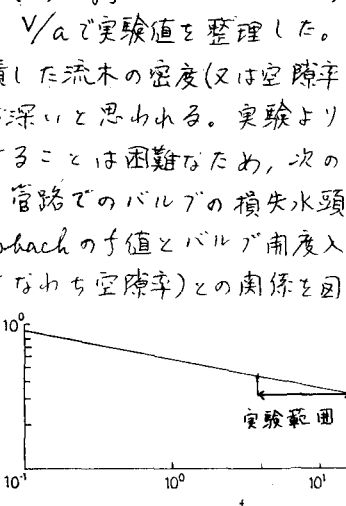


図-6. λ と f の関係

変化するが、 λ の変化中は小さく、平均0.35の一定値と考えることが可能と思われる。これは密度がほぼ一定となるように流木は堆積することを意味している。堰上げ水深は橋脚

$$h_1 = \Delta h_p + \Delta h_w + h_0 \quad (16)$$

と表わされ、 Δh_p はD'Aubuissonの式により、

$$\Delta h_p = \frac{Q^2}{2g} \left[\frac{1}{C^2 B_2^2 h_0^2} - \frac{1}{B_1^2 (h_0 + \Delta h_p)^2} \right] \quad (17)$$

$$B_2 = B_1 - nt \quad (n: \text{橋脚数}, t: \text{橋脚巾}) \quad (18)$$

である。橋脚による堆積は本来確率的現象であ

って、全スパン閉塞する場合と特定のスパン

だけ閉塞する場合等種々変化する。そこで

閉塞スパン数を N とする($0 \leq N \leq n+1$)と、

閉塞の生ずる前と閉塞後の橋脚のある断面を

通過する流量は変化しないとの条件から、

$$h_1 = \frac{n+1}{n+1 - (1-\lambda)N} \cdot \frac{B_1}{B_2} h_p \quad (17)$$

$$h_p = h_0 + \Delta h_p \quad (18)$$

となる。全スパン完全閉塞する場合は λ 一定

$$h_1 = h_p / \lambda \quad (19)$$

となり $\lambda = 0.35$ とすると $1/\lambda = 2.86$ は実測値の

平均2.29とほぼ一致する。図-7は(17)式

の計算値と

実測値との

比較を示し

たものであ

ってほぼ傾

向は示して

いると思わ

れる。

4. おさび

以上流出流

木量の予測

図-7. 堰上げ水位の計算と実測との比較

と橋脚堆積による堰上げ水位について興味あ

る結果を得たが、今後に残された問題も多い。

1) 舞鶴高等紀要(8号), 2) 昭57年譜, 3) 森林の価値,

共立出版, 4) 京大防災研年報1号

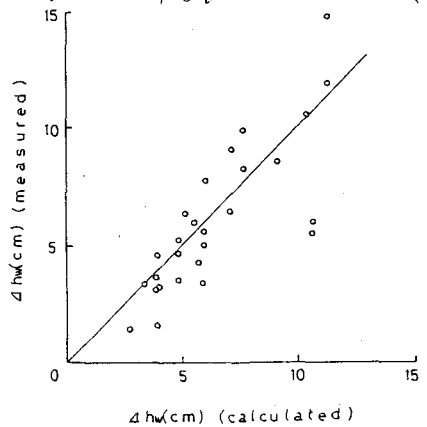


図-7. 堰上げ水位の計算と実測との比較