

بررسی آزمایشگاهی تأثیر آرایش پوشش گیاهی بر سرعت برشی جریان

مسعود ساجدی سابق^۱، مربی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
مجتبی صانعی، استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
مهدی حبیبی، دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
علی اکبر عباسی، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان
مهدی قدیم‌خانی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباس‌پور)

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۰۸/۱۱

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۲/۱۶

چکیده

در این مقاله تأثیر هیدرولیکی تنه درختان کناره رودخانه بر تغییرات سرعت برشی جریان به صورت آزمایشگاهی بررسی شده است. بدین منظور در یک طرف کانالی به طول تقریبی سی متر و شیب طولی ۰/۰۱، شیب جانبی ۳:۱ در طول پنج متر ایجاد شد و میله‌هایی به قطر ۶/۵ میلی‌متر با دو نوع آرایش شطرنجی و ضرب‌دری و هر آرایش با سه تراکم، در کناره نصب شد. عمق و سرعت جریان در کانال اصلی و در بین میله‌ها اندازه‌گیری شده، از میانگین مقادیر به دست آمده در تجزیه و تحلیل نتایج استفاده شد. در کل، آزمایش‌ها در ۱۹ گروه و هر گروه با پنج دبی انجام شد که یکی از گروه‌ها بدون نصب میله در کناره برای مقایسه نتایج بود. با توجه به منحنی‌های رسم شده، ارتباط پوشش گیاهی و آرایش میله‌ها با ضریب زبری حاصل و تجزیه و تحلیل شد. بر این اساس روابط بین پارامترهای رینولدز برشی Re^* و نسبت سرعت متوسط جریان به سرعت برشی U/U^* بیان‌گر آن است که پوشش گیاهی موجب افزایش زبری کانال شده، با افزایش تراکم مقدار U/U^* افزایش می‌یابد. در کلیه حالات با افزایش عدد رینولدز برشی، مقدار عددی نسبت U/U^* نیز افزایش می‌یابد. همچنین مقدار ضریب زبری با اختلاف کمی، به ترتیب در حالات بدون پوشش گیاهی، آرایش شطرنجی و آرایش ضرب‌دری افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: درخت، رینولدز برشی، ضریب زبری، ضریب مقاومت جریان، کناره رودخانه

مقدمه

استفاده از پوشش گیاهی و یا بقایای گیاهی مانند چوب به عنوان روش‌های طبیعی کاربرد زیادی در حفاظت کناره‌ی رودخانه‌ها و طرح‌های سامان‌دهی و مهار فرسایش دارد. ویژگی خاص این روش از لحاظ مقاومت، زیبایی و سازگاری با محیط زیست، باعث استفاده وسیع آن در طرح‌های حفاظت کناره‌ها شده است. حفاظت طبیعی شامل پوشش گیاهی به صورت چمنی، بوته‌ای، درختچه و درختی به عنوان مصالح زنده و یا استفاده از مواد گیاهی مانند چوب، ترکه و بقایای گیاهی به عنوان مواد مرده است.

از نظر هیدرولیکی اندام بیرونی گیاه باعث افزایش زبری دیواره‌ها و کاهش سرعت و افزایش تنش برشی جریان در دیواره می‌شود. همچنین، پوشش گیاهی در محدوده سواحل و حریم رودخانه باعث کاهش هرزآب سطحی و افزایش نفوذپذیری خاک شده و از ایجاد فرسایش سطحی، شیاری و خندقی جلوگیری می‌کند.

در اثر برخورد آب با اندام هوایی پوشش‌های گیاهی به خصوص پوشش‌های صلب، مثل درختان، مقدار زیادی از انرژی جریان گرفته شده، سرعت جریان کاهش یافته و کناره رودخانه در برابر آب‌شستگی حفاظت می‌شود. در نتیجه

^۱ m_sabegh@yahoo.com

سرعت ته‌نشینی مواد معلق بیش‌تر شده باعث کنترل عرض و افزایش پایداری دیواره‌ها شده، در کناره رودخانه ساحل جدیدی ایجاد می‌شود. رودخانه هنگام عبور از مناطق جنگلی (به‌خصوص هنگام وقوع سیل)، تحت تأثیر مقاومت پوشش‌های گیاهی مخصوصاً درختان و نخاله‌های چوبی قرار گرفته، سرعت جریان کاهش پیدا می‌کند و در نتیجه عمق آن افزایش می‌یابد. با افزایش عمق، مناطق وسیع‌تری از سیلاب‌دشت زیر آب می‌رود و خطر سیل‌گرفتگی در این مناطق تشدید می‌شود. لذا مناطق جنگلی به‌عنوان یک سد عمل کرده، در این مناطق ذخیره‌ی سیلاب صورت می‌گیرد که در نتیجه جریان سیل با سرعت و شدت کم‌تری به مناطق پایین دست انتقال می‌یابد.

ایجاد مناطق جنگلی در بالادست شهرها یا مناطق مسکونی، که در پهنه‌ی سیلاب قرار دارند، در جلوگیری از خطر سیل‌گرفتگی می‌تواند بسیار مؤثر باشد. یکی از عواملی که مقاومت هیدرولیکی با آن بیان می‌شود، ضریب زبری مانینگ است که در بین محققین معروفیت بیش‌تری دارد. مقدار ضریب زبری مانینگ در رودخانه‌های مختلف بر حسب شرایط محیطی تعیین می‌شود.

آقارزی و همکاران (۱۳۸۱) تأثیر پوشش گیاهی در حفاظت کناره‌های رودخانه قره‌چای استان مرکزی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصله نشان می‌دهد میزان فرسایش کناره رودخانه در نقاط فاقد پوشش گیاهی به‌مراتب زیادتر از نقاط دارای پوشش گیاهی است. Jarvela (۲۰۰۲) مقاومت جریان ناشی از ترکیب‌های مختلف پوشش‌های طبیعی علف و بوته زنبق و درخت بید را در شرایط مستغرق و غیرمستغرق در یک کانال آزمایشگاهی مطالعه کرده است. نتایج به‌دست آمده، اختلاف زیادی را در مقدار ضریب اصطکاک با تغییر عمق جریان، سرعت، عدد رینولدز و تراکم پوشش گیاهی نشان دادند. برگ‌های روی درخت بید ضریب اصطکاک را دو یا سه برابر در مقایسه با حالت بی‌برگی، افزایش می‌دهد. برای درخت بید بی‌برگ ضریب اصطکاک تقریباً به‌صورت خطی با عمق و مستقل از سرعت افزایش می‌یابد. به‌طور غیر منتظره آرایش‌های مختلف تعداد یک‌سانی از درختان بید بی‌برگ همراه با علف تأثیر مهمی روی ضریب اصطکاک ندارد. درکل آزمایش‌ها، ضریب اصطکاک با افزایش عدد رینولدز افزایش پیدا می‌کند، به‌جز در حالت بید بی‌برگ که کم‌تر تابع عدد رینولدز است و بیش‌تر تابع ارتفاع درخت است. حداکثر مقدار ضریب اصطکاکی زمانی به‌دست می‌آید که R_e یا سرعت پایین باشد. با افزایش زبری نسبی k/h (ارتفاع گیاه و h عمق جریان)، ضریب اصطکاک در هر دو سری افزایش می‌یابد.

در تحقیقی، Petryk و Bosmajian (۱۹۷۵) معادله ضریب زبری مانینگ را بر اساس نیروهای کششی و گرانشی ارائه کرده، بر این اساس رابطه مقاومت را برای گیاهان صلب به‌دست آوردند. مطالعات Fathi-Maghadam و Kouwen (۱۹۹۷) نشان می‌دهد که اضافه شدن سرعت آب از ۰/۱ به یک متر برثانیه باعث کاهش ضریب زبری داری و یسباخ تا حد ۱/۴ درصد می‌شود. این کاهش زبری ناشی از قابلیت ارتجاع پوشش گیاهی و هم‌سو شدن پوشش گیاهی با جریان آب است. همچنین روابطی را برای تخمین ضریب زبری مانینگ در شرایط غیر مستغرق ارائه نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها سرفصل جدیدی در تحقیقات گیاهان غیرمستغرق حاشیه رودخانه محسوب شده، مبنای مطالعات محققین بعدی چون Jarvela قرار گرفت.

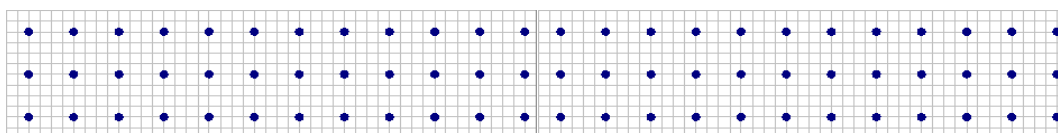
در تحقیق دیگری، Chiew و Tan (۱۹۹۲) تأثیر بوته‌های کاشته شده در کف کانال را بر ضریب اصطکاکی در شرایط تراکم کم و تراکم زیاد مورد بررسی قرار دادند. نتیجه آزمایش‌ها نشان داده است که ساقه‌های گیاه، که جریان از میان آن‌ها عبور می‌کند، بیش‌ترین نیروی کششی را تحمل کرده، توربولانس بیش‌تری تولید می‌کند، همچنین با افزایش تراکم ضریب زبری افزایش می‌یابد. Samani و Kouwen (۲۰۰۲) برای ارزیابی آبراهه‌های علفی پنج روش پیشنهاد کردند. همچنین ایشان بیان داشتند یک رابطه بسیار قوی و مستقیم، که مقدار خمیدگی گیاه را تعیین می‌کند، بین فرسایش و نسبت k/h (ارتفاع نوارهای پلاستیکی آزمایش‌های کاون و k ارتفاع زبری کانال است) وجود دارد.

همچنین Jarvela و Helmyo (۱۹۹۹) به‌نقل از Jarvela (۲۰۰۲) در دو مطالعه موردی تأثیر پوشش‌های درختی کنار رودخانه، درجه‌ی پیچان‌رودی و تثبیت و نوسازی کناره‌ها را بر ضریب زبری مورد مطالعه قرار دادند. Yokoyama (۲۰۰۳) برای محاسبه ضریب مانینگ در رودخانه‌های جنگلی در شرایط مختلف استغراق نیز روابطی را

ارائه کردند. Shen و Stone (۲۰۰۲) مقاومت هیدرولیکی جریان را در آبراهه‌هایی با زبری‌های استوانه‌ای تجزیه و تحلیل کردند. ایشان با در نظر گرفتن حجم کنترلی از جریان پایدار و یکنواخت همراه با ساقه‌های استوانه‌ای مستغرق با ارتفاع یک‌نواخت، مقدار تنش برشی ناشی از وزن حجم کنترل را محاسبه کردند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که سرعت اندازه‌گیری شده با سرعت محاسبه شده با ضریب کششی ($C_D=1.05$) مطابقت دارد و مقاومت اصطکاکی جریان، تابعی از عمق جریان، مساحت میله‌ها (یا تعداد میله‌ها در واحد سطح)، طول و قطر میله‌ها است. به دلیل توسعه به کارگیری روش‌های سازگار با محیط زیست و لزوم شناخت بیش‌تر نیروهای موثر هیدرولیکی بر کناره رودخانه‌های عریض، این تحقیق به‌عنوان اولین قدم مدل فیزیکی پوشش گیاهی برداشته شد.

مواد و روش‌ها

در تحقیق آزمایشگاهی حاضر برای شبیه‌سازی پوشش درختی در کناره رودخانه ابتدا در یک طرف کناره کانال، سطح شیب‌داری با شیب ۳:۱ و به طول پنج متر ایجاد شد. برای جلوگیری از تلاطم جریان ناشی از تنگ‌شدگی ناگهانی مقطع، سطح شیب‌دار حدود چهار متر در بالادست محدوده آزمایشی امتداد یافته، در ابتدا و انتهای کناره شیب‌دار، مقطع جریان به تدریج هم‌گرا یا واگرا شده است. میله‌های فلزی با قطر و ارتفاع و فواصل مشخص بر روی کناره ایجاد شده نصب شده تا شاخص ساقه درخت در کناره رودخانه باشند. شکل ۱ شبکه جانمایی میله‌ها و نحوه آرایش آن‌ها را نشان می‌دهد. همچنین در جدول ۱ تعداد میله‌ها، ردیف‌ها و ستون‌ها در آرایش‌ها و تراکم‌های مختلف آرایه شده است.



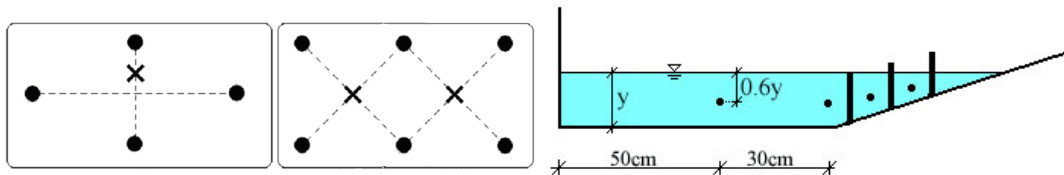
شکل ۱- شبکه جانمایی میله‌ها و نحوه آرایش آن‌ها

تعداد میله‌های نصب شده در دو آرایش مختلف و تراکم یک‌سان، ثابت است. فقط تعداد ردیف در آرایش ضرب‌دری دو برابر آرایش شطرنجی است. تمام گروه‌ها با چهار دبی (۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ لیتر در ثانیه) آزمایش شده‌اند.

جدول ۱- تعداد میله، ردیف، ستون در آرایش و تراکم‌های مختلف

آرایش	تراکم	تعداد ردیف	تعداد ستون	تعداد کل میله‌ها
شطرنجی	۱۰×۱۰	۳	۵۰	۱۵۰
شطرنجی	۸×۸	۳	۶۲	۱۸۶
شطرنجی	۶×۶	۴	۸۳	۳۳۲
ضرب‌دری	۱۰×۵	۶	۵۰	۱۵۰
ضرب‌دری	۸×۴	۶	۶۲	۱۸۶
ضرب‌دری	۶×۳	۸	۸۳	۳۳۲

عمق جریان در شش نقطه در طول و سه نقطه در عرض اندازه گرفته می‌شود. اندازه‌گیری سرعت متوسط در پنج مقطع و در هر مقطع در سه الی پنج نقطه انجام شد، به‌منظور حصول متوسط مقادیر، میانگین به‌دست آمده در سه مقطع پایینی، در کناره‌ی کانال اصلی به‌عنوان سرعت متوسط در نظر گرفته شد. در شکل ۲ محل قرارگیری نوک حس‌گر در بین میله‌ها و کانال اصلی نشان داده شده است.



شکل ۲- محل قرارگیری حس گر در بین میله‌ها (آرایش شطرنجی و ضربدری)

نتایج و بحث

در تحلیل ابعادی پارامترهایی که در آزمایش دخیل هستند، با استفاده از روش باکینگهام (π) و با در نظر گرفتن سه متغیر (v)، (R) و (ρ) به عنوان متغیرهای اصلی، پارامترهای بدون بعد ذیل به دست می‌آید.

$$\pi_1 = \frac{UR}{v} = Re \quad (1)$$

$$\pi_2 = h/R \quad (2)$$

$$\pi_3 = \frac{a}{R^2} \quad (3)$$

$$\pi_4 = \frac{W}{R^2} \quad (4)$$

$$\pi_5 = \frac{U_1}{U} \quad (5)$$

$$\pi_6 = \frac{U_2}{U} \quad (6)$$

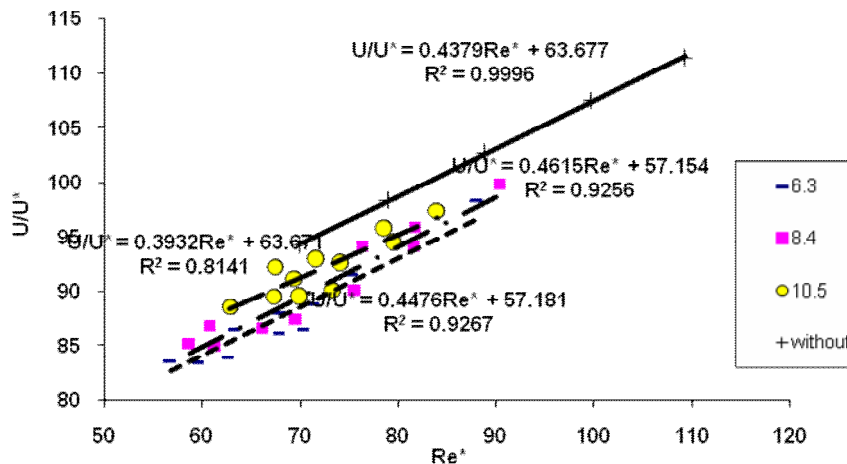
$$\pi_7 = \frac{U}{\sqrt{gR}} = Fr \quad (7)$$

$$\pi_8 = \frac{U^2}{gRS} = \frac{U}{U^*} = \frac{R^{1/6}}{n\sqrt{g}} \quad (8)$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود نسبت U/U^* با ضریب زبری مانینگ نسبت معکوس دارد، به عبارتی با افزایش مقدار U/U^* مقدار ضریب زبری مانینگ کاهش می‌یابد و بالعکس. از آن‌جا که بر اساس داده‌های آزمایشگاهی به دست آمده رینولدز برشی $Re^* = \frac{U^*R}{\nu}$ و نسبت U/U^* ارتباط معنی‌دار و قابل تحلیلی با یکدیگر داشتند، در

این مقاله روابط بین پارامترهای بی‌بعد Re^* و U/U^* (U سرعت متوسط، U^* سرعت برشی، Re^* رینولدز برشی) معیار تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بحث در مورد سایر پارامترهای بی‌بعد در این مقاله ارائه نشده و در گزارش نهایی طرح (ساجدی و همکاران ۱۳۸۴) موجود است. تراکم‌های 10×10 ، 8×8 و 6×6 به ترتیب از تراکم کم به زیاد برای آرایش شطرنجی و تراکم‌های 5×10 ، 4×8 و 3×6 به ترتیب از تراکم کم به زیاد برای آرایش ضربدری در نظر گرفته شدند. منحنی‌های آرایش ضربدری شکل ۳ نشان‌دهنده آن است که افزایش تراکم پوشش گیاهی موجب کاهش مقدار U/U^* شده است. در کلیه حالات با افزایش عدد رینولدز برشی، مقدار عددی نسبت U/U^* نیز افزایش می‌یابد. همچنین همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، مقادیر ضریب تعیین R^2 ، که بیان‌گر پراکندگی داده‌ها است، با افزایش تراکم در آرایش شطرنجی پراکندگی بیشتر و در آرایش ضربدری کم‌تر است. همچنین در آرایش شطرنجی به عدد یک نزدیک‌تر بوده، از همبستگی بهتری برخوردار است.

افزایش تراکم پوشش گیاهی موجب کاهش مقدار U/U^* و در نتیجه افزایش زبری کانال شده است. در کلیه حالات با افزایش عدد رینولدز برشی، مقدار عددی نسبت U/U^* نیز افزایش یافته، به عبارتی مقدار ضریب زبری کاهش می‌یابد و مقدار ضریب زبری با اختلاف کمی، به ترتیب در حالات بدون پوشش گیاهی، آرایش شطرنجی و آرایش ضربدری افزایش می‌یابد.



شکل ۳- رابطه بین Re^* , U/U^* در آرایش‌های ضربدری

منابع مورد استفاده

- آقاراضی، ح.، ا. مرادی نژاد و غ. گودرزی. ۱۳۸۱. تأثیر پوشش گیاهی در حفاظت کناره‌های رودخانه قره چای استان مرکزی. ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ساجدی‌سابق، م.، م. حبیبی، م. صانعی و ن. غیائی. ۱۳۸۳. بررسی آزمایشگاهی تأثیر پوشش گیاهی بر پارامترهای هیدرولیکی در رودخانه. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.
- Chiew, Y. and S. Tan. 1992. Friction resistance of overland flow on tropical turfed slope. *Journal of Hydraulic Engineering*, 118(1):92-97.
- Fathi-Maghadam, M. and N. Kouwen. 1997. Non-rigid, non-submerged, vegetative roughness on floodplains. *Journal of Hydraulic Engineering*, 123(1):51-57.
- Jarvela, J. 2002. Flow resistance of flexible and stiff vegetation: A flume study with natural plants. *Journal of Hydrology*, 269(1-2):44-54.
- Kouwen, N. and M. Fathi-Moghadam. 1996. Friction factor for coniferous trees along rivers. *Journal of Hydraulic Engineering*, 126(10):732-740.
- Petryk, S. and G. Bosmajian. 1975. Analysis of flow through vegetation. *Journal of Hydraulic. Div., ASCE*, 101(7):871-884.
- Samani, J.M.V. and N. Kouwen. 2002. Stability and erosion in grassed channels. *Journal of Hydraulic Engineering*, 128(1):40-45.
- Stone, B.M. and H.T. Shen. 2002. Hydraulic resistance of flow in channels with cylindrical roughness. *Journal of Hydraulic Engineering*, 128(5):500-506.
- Yokoyama, Y. 2003. Numerical analysis of flood flow of the Chikuma River considering vegetation. *Disaster Mitigation and Water Management, ISDB, Niigata, Japan*. 97-104.

Experimental Investigation on the Effect of River Bank Tree Planting Array, on Shear Velocity

Masoud Sajedi Sabegh¹, Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Mojtaba Saneie, Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Mehdi Habibi, Associated Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Ali Akbar Abbasi, Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Khorasan, Iran

Mehdi Ghadimkhani, MSc, River Eng., Shahid Abbaspour Water and Electricity University

Received: 05 May 2010

Accepted: 01 November 2010

Abstract

In this paper the effect of tree planting in a river bank on the shear velocity of flow was studied in a laboratory environment. At first a physical model was established in a 1.5m wide, 30m long experimental flume with a longitudinal slope of 0.01. Then a number of bars with 6.5mm in diameter, simulated as trees, were located on the bank surface with a slope of 1:3 in two different orientations (square and triangular forms), three different heights (5, 6.5 and 8cm), and three different intensities (6*6/6*3, 8*8/8*4, 10*10/10*5). After that, the flow hydraulic parameters (such as discharge, water level and velocity) and their variation versus the change in experimentally planted trees were measured and analyzed. At least 19 series of laboratory tests with 5 different discharges were implemented. The results showed that, there is a relationship between planted tree and shear velocity. Also relationship between shear Reynolds (Re^*) and the average velocity to shear velocity ratio (U/U^*) showed that vegetation could increase the roughness coefficient also by increasing the tree density, the ratio of U/U^* and the roughness are increased. The roughness coefficient in all cases of not using vegetation, tree planted in square form and tree planted in triangular form, was increased respectively.

Key words: Flow resistance, Physical model, River bank, Roughness coefficient, Shear Reynolds, Tree

¹ m_sabegh@yahoo.com