

بررسی تغییرات مکانی ضریب زبری مانینگ در راستای طول شیار در جریان‌های متمرکز رواناب

مجید محمودآبادی^۱، حسن روحی پور^۲ و امیرحسین چرخابی^۲

۱- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۲- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، استادیار پژوهش، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

مقدمه

یکی از عوامل فرساینده در فرسایش آبی، جریان رواناب متمرکز در سطح خاک است که در نتیجه آن فرسایش شیاری رخ می‌دهد. بسته به شکل مسیر جریان، بستر و دیواره‌های شیار در برابر جریان رواناب، از خود مقاومت نشان می‌دهد که در روابط متعددی نظیر مانینگ، داریسی-ویسباخ و شزی مورد توجه قرار گرفته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که معادله مانینگ نسبت به دو رابطه داریسی-ویسباخ و شزی کارایی مطلوب‌تری در تعیین ضریب زبری و برآورد سرعت دارد (۶). تا قبل از سال ۱۹۹۸، زبری سطحی به طور رایج با استفاده از پروفیل‌متر نوع میله‌ای در طول یک ترانسکت اندازه‌گیری می‌شد (۴). امروزه استفاده از فن‌آوری اسکن لیزری، امکان تعیین دقیق‌تر زبری سطح خاک را در شبکه‌ای میلی‌متری با دقت در حد کمتر از میلی‌متر فراهم ساخته است (۲). با این وجود در روش اخیر، امکان ثبت تغییرات زبری در حین بارش وجود ندارد و تنها قبل و بعد از آزمایش اندازه‌گیری انجام می‌شود. در آزمایش‌های مرسوم فرسایش شیاری، خصوصیات جریان و فرآیندهای فرسایش در ابتدا و انتهای شیار، بیشتر مورد توجه قرار گرفته و به تغییرات مکانی در راستای طول آن، کمتر پرداخته شده است. توزیع مکانی و زمانی فرسایش، اهمیت زیادی در درک بهتر دینامیک آن، ارزیابی مدل‌های فرآیندی و پیشرفت فنون برآورد شدت فرسایش دارد. در تحقیق حاضر، تغییرات مکانی ضریب زبری مانینگ در راستای طول شیار در جریان‌های متمرکز رواناب، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

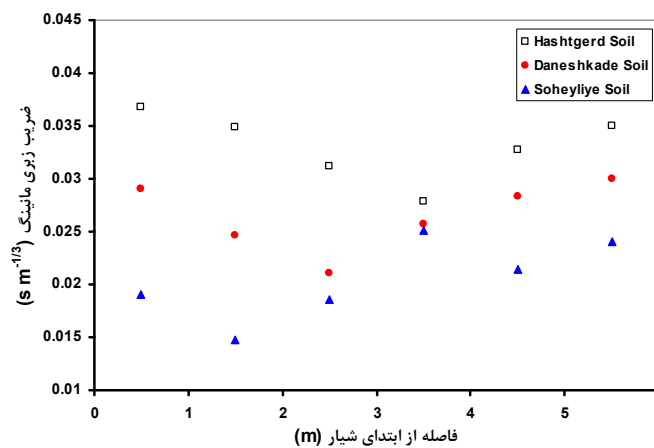
تحقیق حاضر با ایجاد شیارهای دست‌ساز به طول ۶ متر در فلوم شبیه‌ساز باران و فرسایش پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری انجام شد. ترکیب‌های مختلف دبی جریان-شیب فلوم (سه دبی جریان رواناب شامل ۵۰، ۷۵ و ۱۲۲ میلی‌لیتر در ثانیه و سه شیب فلوم ۲، ۴ و ۶ درصد) بر روی سه نمونه خاک زراعی (با عناوین هشتگرد، دانشکده و سهیلیه) شبیه‌سازی گردید. میانگین وزنی قطر در حالت تر برای این سه خاک به ترتیب ۰/۷۷، ۰/۳۳ و ۰/۱۹ میلی‌متر بود. مراحل مختلف هر آزمایش شامل ایجاد شیارهای مستقیم با سطح مقطع دوزنقه‌ای شکل، اشباع تدریجی نمونه‌ها از زیر به مدت ۲۴ ساعت، تخلیه آب ثقیلی از طریق سیستم زهکش، تنظیم شیب فلوم و ایجاد جریان زلال رواناب از بالادست به داخل هر شیار به مدت حداقل ۴۵ دقیقه بود. در حین انجام هر آزمایش، پارامترهای هیدرولیک جریان، نظیر سرعت متوسط و نیز عمق و پهنای جریان در فواصل طولی یک متر (۶ مقطع در طول فلوم) در چندین تکرار، اندازه‌گیری می‌شد. ضریب زبری در هر مقطع بر مبنای رابطه مانینگ و با استفاده از پارامترهای اندازه‌گیری شده، محاسبه گردید. تمام آزمایش‌ها پس از تخلیه فلوم از خاک مربوط به آزمایش قبلی و جایگزینی آن با خاک جدید انجام می‌شد. در این تحقیق، با توجه به اعداد رینولدز و فرود، رژیم هیدرولیکی جریان در فاز انتقالی و از حالت زیربحرانی تا فوق‌بحرانی نوسان داشت.

نتایج و بحث

شکل ۱ تغییرات مکانی متوسط ضریب زبری مانینگ در راستای طول شیار را برای سه خاک مورد مطالعه نشان می‌دهد. میانگین این ضریب برای سه خاک هشتگرد، دانشکده و سهیلیه به ترتیب ۰/۳۳، ۰/۲۶، ۰/۲۰، ثانیه بر ریشه سوم

متر $(S m^{-1/3})$ بدست آمد. با توجه به توزیع اندازه ذرات درشت‌تر خاک هشتگرد، مقاومت بیشتری در برابر جریان نشان می‌دهد. شکل ۱ همچنین نشان می‌دهد که در ابتدای شیار، مقاومت در برابر جریان زیاد بوده و به تدریج مقدار ضریب زبری مانینگ تا فاصله مشخصی بسته به خاک، کاهش یافته و از آن به بعد، روند افزایشی دارد. یعنی تغییرات مکانی زبری مانینگ در طول شیار دارای دو روند کاهشی و افزایشی می‌باشد.

غلظت رسوب در ابتدای شیار، عمدتاً در کنترل فرآیند کنده‌شدن ذرات از بستر و کناره‌ها و نیز ترسیب آنهاست. به تدریج به سمت انتها و همراه با توسعه لایه رسوب، فرآیند کنده‌شدن مجدد نیز در افزایش غلظت رسوب نقش مؤثرتری پیدا می‌کند. کنده‌شدن مجدد ذرات از لایه رسوب راحت‌تر از کنده‌شدن ذرات از خاک اصلی صورت می‌گیرد. لذا، در فرآیند کنده‌شدن ذرات در ابتدای شیار، جریان با مقاومت بیشتری مواجه بوده و به تدریج در راستای طول شیار که لایه رسوب شکل می‌گیرد، در برابر کنده‌شدن مجدد مقاومت کمتری وجود دارد. Loch و همکاران (۱۹۸۹) نیز نشان دادند که در جریان بر سطوح صاف، ضریب زبری مانینگ متأثر از نوع فرآیند فرسایش خاک تغییر می‌کند.



شکل ۱- تغییرات مکانی متوسط ضریب زبری مانینگ در راستای طول شیار برای سه خاک مورد مطالعه

همچنین در ابتدای شیار، شدت جداسازی ذرات توسط رواناب حداکثر بوده و به تدریج به سمت انتها، غلظت رسوب افزایش می‌یابد که این خود بر مقاومت در برابر جریان تأثیر می‌گذارد. نتایج Polyakov و Nearing (۲۰۰۳) نیز نشان داد که با افزایش غلظت رسوب، ضریب اصطکاک دارسی- ویسباخ تا رسیدن به حد ثابتی، کاهش می‌یابد. به علاوه، تغییر شکل بستر شیار در مقیاس خاکدانه نیز حائز اهمیت است. از این رو Gimenez و همکاران (۲۰۰۷) مرفولوژی شیار را پدیده‌ای کوچک‌مقیاس می‌دانند. به تدریج به سمت انتهای شیار، لایه رسوب شکل می‌گیرد که حاصل رسوبگذاری ذرات ریزتر نسبت به ذرات خاک اصلی می‌باشد. بنابراین یکی از دلایل احتمالی کاهش ضریب زبری مانینگ، فرآیند جورشدگی ذرات جداشده در طول مسیر جریان و یا مرتب شدن مجدد (۷) است. از طرفی، مکانیسم حرکت ذرات در ابتدای شیار بیشتر به صورت بار بستر بوده و به تدریج در اثر خرد و ریزتر شدن ذرات موجود در جریان، مکانیسم حرکت آنها به بار جهشی و بار معلق تبدیل می‌شود. ذرات موجود در بار بستر نسبت به ذرات در حال حرکت به صورت جهشی یا معلق، اختلاف سرعت بیشتری با سرعت متوسط جریان رواناب دارند. از این رو وجود ذرات در بستر، افزایش مقاومت در برابر جریان را به دنبال داشته و به تدریج به سمت انتهای شیار، این مقاومت با تبدیل مکانیسم حرکت ذرات، کاهش پیدا می‌کند.

کاهش ضریب زبری از ابتدای شیار تا فاصله مشخصی، به مفهوم کاهش مقاومت در برابر جریان است. این کاهش مقاومت تا آنجا ادامه پیدا می‌کند که در فاصله مشخصی از طول، به دلیل افزایش سرعت جریان و غلبه نیروهای برشی بر نیروهای مقاوم، بُرش در بستر شیار ایجاد شود. پس از این فاصله عواملی که بر زبری مانینگ تأثیر می‌گذارند، علاوه بر خصوصیات خاک و دینامیک لایه رسوب که در بالا به آنها اشاره شد، هیدرولیک جریان و فرآیندهای فرسایش را نیز شامل می‌شود. افزایش ضریب زبری مانینگ در انتهای شیار با مفاهیمی نظیر؛ سرعت جریان، عدد فرود، طول بحرانی و شرایط محدود به جداسدن و حمل ذرات در ابتدا و انتهای شیار، ارتباط دارد. تحقیق حاضر نشان می‌دهد که ضریب زبری مانینگ حتی برای یک خاک و شرایط هیدرولیکی مشخص، مقدار ثابتی نبوده و در طول مسیر جریان‌های متمرکز، دارای تغییرات زمانی و مکانی نظام‌مندی می‌باشد.

منابع

1. Gimenez, R., Leonard, J., Duval, Y., Richard, G. and Govers, G., 2007. Effect of bed morphology on soil aggregates transport by rill flow. *Earth Surf. Process. Landforms*, Vol. 32, pp. 602-611.
2. Huang, C. and Bradford, J. M., 1992. Applications of a laser scanner to quantify soil microtopography. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 56, pp. 14-21.
3. Loch, R. J. Silburn, D. M. and Freebairn, D. M., 1989. Evaluation of the CREAMS model. II. Use of rainulator data to derive soil erodibility parameters and prediction of field soil losses using derived parameters. *Aust. J. Soil Res.*, Vol. 27, pp. 563-576.
4. Podmore, T. H., Huggins, L. F., 1981. An automated profile meter for surface roughness measurements. *Trans. ASAE.*, Vol. 24, pp. 663-665, 669.
5. Polyakov, V. O. and Nearing, M. A., 2003. Sediment transport in rill flow under deposition and detachment conditions. *Catena*, Vol. 51, pp. 33-43.
6. Rouhipour, H., Rose, C. W., Ghadiri, H. and Yu. B., 1999. Roughness coefficients and velocity estimation in well-inundated sheet and rilled overland flow without strongly eroding bed forms. *Earth Surf. Process. Landforms*, Vol. 24, pp. 232-245.
7. Sirjacobs, D., Shainberg, I., Rapp, I. and Levy. G. J., 2001. Flow interruption effects on intake rate and rill erosion in two soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 65, pp. 828-834.