نشریه علمی
پژوهش‌های تجربی در مهندسی عمران
جلد ۳، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۵صص ۱ الی ۱۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۲/۱۰
تاریخ تصویب مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۳
پایگاه نشریه: http://jerce.srttu.edu

بررسی مشکلات پژوهش‌های میدانی زیست مهندسی خاک جهت استفاده‌های کاربردی در حفاظت سواحل رودخانه‌ها

علیرضا حسینی [۱*] و محمود شفاعی بجستان [۲]

[۱] **استادیار**، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
[۲] **استاد**، گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
Ar.hoseini@ilam.ac.ir

چکیده: ترکیب خاک و ریشه سبب افزایش مقاومت برشی خاک و پایداری شیب ساحل رودخانه‌ها می‌شود. برای پایداری شیب‌ها، استفاده از روش‌های سازه‌ای بیشتر مرسوم است. فرسایش و گسیختگی خاک معمولا در طول نسبتا زیادی از ساحل رودخانه رخ می‌دهد که حفاظت سازه‌ای آن بسیار پر هزینه می‌باشد. از این‌رو استفاده از روش‌های زیستی مهندسی ضمن سازگاری با محیط زیست و حفظ شرایط اکولوژیکی آبرهه‌ها سبب پایداری و حفاظت سواحل رودخانه با کم‌ترین هزینه ممکن می‌شود. برای استفاده‌های کاربردی از پوشش‌های گیاهی، شناخت خواص مکانیکی و هیدرولوژیکی گیاهان بسیار اهمیت دارد. با استفاده از پژوهش‌های میدانی می‌توان خواص فنی و مهندسی گونه‌های گیاهی را به شکل دقیق‌تری برداشت نمود. اما به دلیل تاثیر عوامل مختلف بر تحقیقات میدانی انجام این گونه پژوهش‌ها در مقایسه با کارهای آزمایشگاهی پیچیده‌تر و سخت‌تر می‌باشد. با توجه به گسترش روزافزون استفاده از روش‌های زیست مهندسی در پایداری شیب‌ها، در این مطالعه مشکلات پژوهش‌های میدانی زیست مهندسی خاک مورد بررسی قرار گرفته است. این بررسی نشان داد که؛ یافتن مکان مناسب برای انجام تحقیق، داشتن تعداد کافی از هر گونه گیاهی هدف، در مکان انتخاب شده، در نظر گرفتن زمان مناسب برای شروع و پایان کار تحقیق، انتخاب روش مناسب حفاری، مشکلات نقشه‌برداری، تعیین تعداد و قطر ریشه، تهیه نمونه ریشه جهت انجام آزمایش تعیین مقاومت کششی، نگهداری مناسب از ریشه‌ها تا زمان انجام آزمایش، یافتن دستگاه مناسب تست کشش و تعیین فک مناسب از مهمترین مشکلات طرح‌های زیست مهندسی خاک می‌باشند.

کلمات کلیدی: مکانیک خاک، ژئوتکنیک، رودخانه، شیب، پایداری، ریشه.

Investigating the Problems of Undertaking Soil Bioengineering Research, Used in Riverbanks Protection

Alireza Hosseini and Mahmoude Shafai Bajestan

Abstract: Combination of soil and plant roots can increase the strength of soil and stability of slope riverbanks. Structural methods are more commonly used to stabilize the riverbanks. Erosion and slumping of soil occur along the significant length of riverbanks, the protection of which involves substantial costs. Therefore, protection of riverbanks with Bio-Engineering methods not only is consistent with environmental aspects and protection of river ecology but also lowers the costs. Mechanical and hydrological properties of plant are important in applying vegetation point of view. Technical properties and engineering of plant species can be understood better by using field investigations. However, it is more complicated and difficult to undertake field works due to the effect of various factors in comparison with laboratory research. Considering the increasing trend of using Bio-Engineering in slope stability, this study aims to investigate problems associated with undertaking field research in Bio-Engineering projects. The results of this study show that, selecting appropriate site to undertake research project, ensuring adequate number of relevant plants in the site, determining the best time to start and end the research project, choosing appropriate excavation methods, considering and resolving mapping problems, determining the number and diameter of roots, performing tests to determine root resistance, looking after roots until performing relevant tests, using appropriate device for tension tests and determining proper clamp are among important problems in undertaking soil Bio-Engineering research.

Keywords: Soil Mechanic, Geotechnical, River, Slope, Stability, Root.

۱– مقدمه

رودخانه‌ها یکی از مهمترین منابع آبی دنیا بحساب می‌آیند. بهره‌برداری بهینه از این منبع به همراه حفظ شرایط زیست محیطی و اکولوژیکی آبراه و به حداقل رساندن خرابی‌های ناشی از سیلاب‌ها یکی از اهداف توسعه پایدار در مهندسی رودخانه می‌باشد. در رودخانه‌ها آب مهمترین عامل فرسایش بشمار می‌رود. ناپایداری سواحل رودخانه؛ با فرسایش سطحی[۱] آغاز می‌شود و در ادامه پدیده آبشستگی[۲] و سپس فروریختگی[۳] بوجود می‌آید[۱]. این پدیده سبب از بین رفتن بخشی از زمین‌های حاصلخیز کشاورزی، افزایش رسوبات ته‌نشین‌شده در دریاچه سدهای مخزنی، تخریب تاسیسات آبگیری از رودخانه، تخریب پایه پلها و راه‌ها، افزایش هزینه تصفیه آب شرب، از بین رفتن میکروارگانیسم‌های ضروری برای جانوران رودخانه‌ای و تغییرات زیست‌محیطی می‌شود[۲، ۳ و۴]. در مهندسی رودخانه، استفاده از روش‌های سازه‌ای بیشتر مرسوم است. سازه‌های تثبیت رودخانه جهت حفاظت سواحل و جلوگیری از مهاجرت جانبی ناشی از فرسایش کناره‌های آبرفتی، طراحی می‌شوند. فرسایش کناره‌های رودخانه، بصورت خطی و در طول نسبتا زیادی از آبراهه اتفاق می‌افتد. حفاظت سازه‌ای، بدلیل بالا بودن هزینه‌ها تنها به صورت موضعی امکان پذیر است و با گذشت زمان و تغییر شرایط اولیه طراحی به سادگی در معرض تخریب قرار می‌گیرند.

مدت‌ها است که تاثیر پوشش‌های گیاهی در افزایش مقاومت برشی و پایداری شیب‌ها پذیرفته شده است. پوشش‌های گیاهی از جمله درختان با داشتن اثرات هیدرولوژیکی و مکانیکی مختلف اثر قابل توجهی در افزایش مقاومت برشی خاک و در نتیجه افزایش ضریب پایداری شیب ساحل دارند[۳، ۵ ، ۶، ۷ و ۸]. برگاب[۴] و تبخیر و تعرق[۵] از اثرات مثبت هیدرولوژیکی است. هم‌چنین افزایش مقاومت برشی[۶] خاک و مسلح سازی[۷] شیب ساحل از اثرات مثبت مکانیکی حضور ریشه‌ها در خاک می‌باشد. وجود درختان ساحلی، احتمال گسیختگی توده‌ای شیب را کاهش می‌دهد. این مسئله با مسلح سازی خاک بوسیله ریشه انجام می‌شود. خاک و ریشه یک ماده مرکب را تشکیل می‌دهند که ریشه به دلیل داشتن مقاومت کششی و چسبندگی نسبتا بالا، سبب افزایش مقاومت برشی سیستم خاک-ریشه و افزایش ضریب پایداری شیب می‌شود[۹].

پژوهش‌های گسترده‌ای در مورد تاثیر مکانیکی ریشه‌ها انجام شده است. نتیجه این بررسی‌ها نشان می‌دهد که این مقدار به سیستم و مقاومت کششی ریشه بستگی دارد. سیستم ریشه و مقاومت کششی آنها، به ویژگی-های ژنتیکی[۸] گیاه و شرایطی محیطی[۹] (بافت و ساختمان خاک، هوادهی، رطوبت، درجه حرارت، رقابت با دیگر گیاهان، مواد غذایی، مدیریت نگهداری و ...) بستگی دارد[۱۰]. سیستم ریشه و مقاومت کششی آن، تابع گونه و شرایط محیطی می‌باشد و ویژگی‌های آن از ناحیه‌ای به ناحیهٔ دیگر متفاوت است. از این‌رو استفاده از درختان ساحلی بومی[۱۰] برای حفاظت سواحل رودخانه‌ها در اولویت قرار دارد.

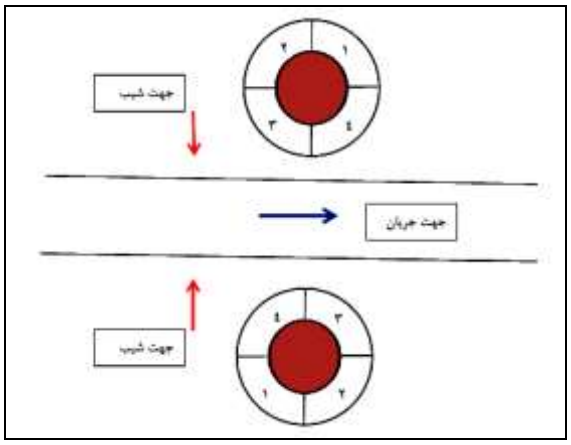
عدم آگاهی از ویژگی‌های مقاومت کششی و سیستم ریشه گونه‌های مختلف و خواص مکانیکی آنها و مکانیزم مسلح سازی، از محدودیت‌های استفاده از روش‌های زیست‌مهندسی در حفاظت سواحل رودخانه‌هاست. بنابراین بررسی سیستم ریشه و مشخص کردن مقاومت کششی ریشه گونه‌های مختلف گیاهی، برای مشخص کردن گونه برتر و مقایسه گونه‌های مختلف از نظر مقدار افزایش مقاومت برشی خاک و افزایش پایداری شیب ساحل دارای اهمیت زیادی می-باشد. با استفاده از تحقیقات میدانی می‌توان خواص فنی و مهندسی گونه‌های گیاهی را به شکل بهتری بررسی نمود. اما به دلیل تاثیر عوامل مختلف بر موفقیت پژوهش‌های میدانی زیست مهندسی خاک، به همان نسبت انجام این گونه تحقیقات دارای سختی و پیچیدگی بیش‌تری می‌باشد. در این مطالعه که بر گرفته از طرح پژوهشی "کاربرد روش‌های بیومهندسی در ساماندهی سواحل رودخانه‌ها" با کد ILR-۸۹۰۰۳ است، مشکلات اجرای پژوهش‌های میدانی زیست مهندسی خاک از قبیل؛ یافتن مکان مناسب برای انجام تحقیق، داشتن تعداد کافی از هر گونه گیاهی هدف در مکان انتخاب شده، در نظر گرفتن زمان مناسب برای

شروع و پایان کار، انتخاب روش مناسب حفاری، مشکلات نقشه‌برداری، تعیین تعداد و قطر ریشه، تهیه نمونه ریشه جهت انجام آزمایش تعیین مقاومت کششی، نگهداری مناسب از ریشه‌ها تا زمان انجام آزمایش، یافتن دستگاه مناسب تست کشش و تعیین فک مناسب مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- روش انجام تحقیق

برای بررسی مقاومت کششی و سیستم ریشه درختان ساحلی، بازه‌ای نسبتا مستقیمی به طول یک کیلومتر در ساحل رودخانه سیمره واقع در شهرستان دره‌شهر- روستای وحدت‌آباد در استان ایلام انتخاب شد. این رودخانه یکی از سرشاخه‌های اصلی رودخانه کرخه است که متوسط آبدهی سالانه آن در محل تحقیق ۱۲۲ متر مکعب در ثانیه است. متوسط بارندگی سالیانه ۴۴۱/۸ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه ۲۰/۲ سانتی‌گراد، متوسط تبخیر و تعرق سالیانه ۱۸۷۴/۲ میلی‌متر، متوسط سالانه رطوبت نسبی ۶۱/۷ درصد و متوسط سالیانه سرعت باد ۳/۴ متر بر ثانیه است. بر اساس تقسیم بندی دومارتن و آمبرژه، محدوده طرح دارای اقلیم خشک معتدل است. مساحت حوزه بالادست حدود ۲۸/۵ هزار کیلومتر مربع، شیب متوسط آبراهه ۰/۲ درصد است. بیشینه و کمینه آبدهی به ترتیب در فروردین و مهر ماه می‌باشد. متوسط رسوب ویژه این رودخانه در ایستگاه ذکر شده ۵۳۴ تن در سال در کیلومتر مربع است. حداکثر سیلاب لحظه‌ای رودخانه با دوره برگشت ۵۰ ساله ۴۰۸۷ مترمکعب در ثانیه است. در طول این بازه، در مجموع تعداد ۱۲ اصله درخت روی ساحل رودخانه انتخاب گردید. پیرامون هر پایه، ترانشه‌ای به شکل دایره، در فاصله ۰/۵ متری از تنه درخت، حفر گردید. عمق ترانشه بر حسب حداکثر عمق ریشه‌دوانی و شرایط منطقه تعیین شد. سطح مقطع دایره‌ای ترانشه به چهار ربع تقسیم شد. ربع‌ها به گونه‌ای در نظر گرفته شدند که یکی از محورها بر ساحل رودخانه عمود و محور دیگر موازی ساحل و جریان عمومی آبراهه باشد. محل انجام تحقیق، نواحی بالادست و پایین دست شیب و جریان و آرایش ربع‌ها در شکل‌های (۱)، (۲) و (۳) نشان داده شده است. همزمان با حفاری و بررسی سیستم ریشه، نمونه‌های ریشه برای آزمون کشش به تفکیک چهار ربع انتخاب شد (شکل- ۴). نمونه برداری از ریشه در فصل پاییز انجام گرفت. ریشه‌ها را در طول‌های ۲۰ سانتی‌متری برش داده و تا زمان انجام آزمون کشش در محلول ۱۵ درصد الکل نگهداری شدند [۱۱،۱۲و ۱۳]. مقاومت کششی نمونه ریشه‌ها یک ماه بعد از برداشت تعیین گردید. برای اندازه‌گیری مقاومت کششی ریشه‌ها از دستگاه کشش اینسترون-۱۱۴۴۸۶ دانشگاه تهران استفاده شد(شکل-۵). قبل از انجام آزمایش، قطر ریشه در سه نقطه از طول (ابتدا، وسط و انتها) اندازه‌گیری و از متوسط حسابی آن برای محاسبه سطح مقطع استفاده شد. حداکثر نیرو اعمال شده به ریشه در لحظه گسیخته شدن یاداشت گردید. مساحت سطح مقطع با متوسط قطرهای اندازه‌گیری شده محاسبه شد. از تقسیم حداکثر نیرو بر سطح مقطع ریشه مقاومت کششی ریشه محاسبه شد. سرعت اعمال نیروی وارد به ریشه، بر مقاومت کششی ریشه موثر است و با افزایش سرعت، مقاومت کششی ریشه افزایش می‌یابد[۱۴]. برای مطالعه هر یک از موارد ذکر شده پژوهشی زیست- مهندسی در عمل مشکلاتی وجود دارد که شناخت و بررسی آن‌ها سبب افزایش دقت در برداشت داده‌ها، کاهش هزینه‌ها و صرف‌جویی در زمان می‌شود. در این مطالعه هریک از مشکلات پیش‌روی پژوهش‌های زیست مهندسی خاک بررسی و به تفصیر بیان شده است.

شکل ۱: مکان انجام مطالعه- رودخانه سیمره- شهرستان دره‌شهر



شکل۲: آرایش ربع‌ها در ساحل راست و چپ رودخانه

شکل۵: نمونه آزمایش کشش موفق

شکل۳: روش مقطع پروفیل دایره‌ای

۳- نتایج و بحث

پژوهش‌های زیست مهندسی خاک به شکل میدانی ممکن است به روش‌های مختلف انجام شود. که از جمله آنها می‌توان به روش آزمایش برش مستقیم درجا، آزمایش بیرون کشیدگی ریشه و آزمایش مقاومت کششی ریشه و استفاده از مدل وو[۱۲] اشاره نمود [۱۵]. از آنجایی که استفاده از روش‌های زیست مهندسی خاک برای اهداف فنی و مهندسی رو به گسترش است در این مطالعه مشکلات اجرای این‌گونه طرح‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱- مسایل مربوط به انتخاب مکان تحقیق

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که خواص مکانیکی ریشه تابع گونه گیاهی و شرایط محیطی است. به همین دلایل موفقیت استفاده از روش‌های زیستی مهندسی در پایداری شیب‌ها به شرایط محیطی منطقه بستگی دارد. هر چند می‌توان بعضی از ویژگی‌های فنی و مهندسی گونه‌های گیاهی را به طور کلی مشابه دانست اما برخی خواص آنها از منطقه‌ای به منطقه‌ی دیگر متفاوت است و برای کسب داده‌های دقیق‌تر باید تحقیقات محلی انجام شود. از طرفی ایجاد پوشش‌های گیاهی در مکان‌های آزمایشگاهی و کنترل شده، زمان‌بر و پرهزینه است. بنابراین استفاده از رویشگاه‌های طبیعی یکی از راهکارهای پیشنهادی جهت انجام تحقیقات زیست مهندسی خاک می‌باشد. در انتخاب مکان تحقیق باید به موارد زیر توجه نمود:

شکل۴: نمونه ریشه‌های دسته‌بندی شده

- عملیات اجرایی طرح‌های پژوهشی زیست مهندسی خاک شامل؛ مکان یابی، انتخاب پایه‌های درختی (گونه‌های گیاهی) مناسب برای انجام تحقیق، نقشه‌برداری، مکانیکی خاک، خاکشناسی، حفاری جهت بررسی سامانه ریشه و برداشت نمونه‌های ریشه و انتقال آنها به آزمایشگاه جهت آزمایش مقاومت کششی می‌باشد. برای انجام هریک از این بخش‌ها به تجهیزات ویژه‌ای نیاز خواهد بود. عملیات صحرایی ممکن است روزها به طول انجامد. چنانچه تیم پژوهشی در سایت تحقیق مستقر نشوند، رفت و آمد روزانه نیز ضروری می‌شود. متناسب با این شرایط دسترسی آسان به محل تحقیق یکی از مواردی مهمی است که در انتخاب سایت باید به آن توجه نمود. در صورت نداشتن جاده دسترسی و یا طولانی بودن مسیر بهتر است تهمیدات لازم برای استقرار گروه در محل تحقیق فراهم شود.

- در محل انتخاب شده برای انجام تحقیق باید به تعداد کافی از گونه‌هایی که قرار است سامانه و مقاومت کششی ریشه آنها مورد بررسی قرار گیرد، وجود داشته باشد. از تجربه‌های مشابه و روش‌های آماری می‌توان تعداد پایه‌های درختی مورد نیاز را برای تحلیل بهتر داده‌ها تعیین نمود.

- چنانچه هدف از تحقیق بررسی تاثیر شیب ساحل روی سامانه و مقاومت کششی ریشه‌ها باشد باید به تعداد کافی از آن گونه روی شیب ساحل وجود داشته باشد. در این مورد بهتر است که شیب ساحل تقریبا یکنواخت باشد. همین‌طور اگر هدف از تحقیق، بررسی سامانه و مقاومت کششی ریشه‌های یک گونه گیاهی خاص در سیلاب دشت باشد، باید به تعداد کافی از آن گونه در سیلاب دشت وجود داشته باشد.

- اگر هدف از انجام تحقیق مقایسه خواص مکانیکی ریشه دو و یا چند گونه گیاهی در شرایط یکسان باشد، برای حذف اثرات محیطی، باید به تعداد کافی از آن گونه‌ها در محل تحقیق وجود داشته باشد.

- چنانچه گونه‌های گیاهی انتخاب شده در دو طرف ساحل رودخانه قرارگرفته باشند و در زمان انجام تحقیق عمق جریان رودخانه زیاد باشد برای راحتی رفت و آمد در بین سواحل باید وسیله مناسب با امکانات ایمنی در نظر گرفته شود.

- چنانچه هدف از انجام تحقیق بررسی تاثیر جریان آب به ویژه جریان‌های سیلابی بر روی سامانه ریشه باشد، در آن صورت پایه درختان انتخاب شده باید نزدیک به ساحل رودخانه انتخاب شوند به گونه‌ای که سیلاب‌های بزرگ را تجربه کرده باشند. به عبارت دیگر در دوره‌های پیاپی، تحت تاثیر نیروی ناشی از جریان آب قرار گرفته باشند.

- در پوشش‌های گیاهی طبیعی، معمولا تراکم درختان زیاد است. به گونه‌ای که کارکردن را با مشکل مواجه می‌کند. در چنین شرایطی فاصله پایه‌های درختی انتخاب شده باید به گونه‌ای باشد که کارکردن در بین آن‌ها آسان باشد.

- ممکن است برخی از پایه‌ها انتخاب شده، به دلیل عوامل پیش بینی نشده (به طور مثال، پوسیدگی ریشه‌ها) در روند تحقیق کنار گذاشته شوند. به همین دلیل سعی شود که در ابتدای کار تعداد پایه‌های انتخاب شده بیش از تعداد پایه‌های مد نظر باشد و این تعداد تا دو برابر مقدار نهایی توصیه می‌شود.

۲-۳- مسایل مربوط به بازه زمانی انجام تحقیق

- در حوزه مهندسی علوم آب از جمله مهندسی رودخانه انجام طرح‌های زیست مهندسی خاک از پیچیدگی بیشتری برخوردارند. در فصول بارندگی سطح آب در رودخانه‌ها افزایش می‌یابد و ممکن است بخش-های از محل تحقیق در زمان وقوع سیلاب در زیر آب قرار گیرد و عملیات تحقیقاتی را با مشکل مواجه کند. از این رو بهتر است طرح در مواقعی از سال انجام شود که تغییرات سطح آب به حداقل ممکن رسیده باشد و تراز آب در کمترین مقدار خود باشد. زمان مناسب برای انجام تحقیق متناسب با شرایط آب و هوایی هر منطقه متفاوت خواهد بود. اما در ایران بهترین زمان مناسب فصل های تابستان و پاییز می‌باشد.

- ممکن است سایت تحقیق در پایین دست سدهای مخزنی قرار گرفته باشد در چنین شرایط باید با بخش

بهره‌برداری سد هماهنگی لازم به عمل آید و از زمان-های رهاسازی آب اطلاع حاصل نمود.

- در فصل‌های مختلف مقاومت کششی ریشه درختان تا حدودی با هم تفاوت دارند. چنانچه هدف از تحقیق بررسی تاثیر فصول بر مقاومت کششی ریشه گونه‌های گیاهی باشد در این صورت باید تمهیدات لازم برای انجام تحقیق در زمان وقوع سیلاب‌ها در نظرگرفته شود.

- در رودخانه‌ها بزرگ که سطح حوزه بالادست آنها به نسبت گسترده است، جریان رودخانه از شرایط آب و هوایی مناطق بالادست تاثیر پذیر است. به عبارت دیگر هر چند ممکن است در محل تحقیق بارندگی رخ نداده باشد ولی سطح آب رودخانه در اثر بارندگی‌های بالادست افزایش یابد. بنابراین در رودخانه‌های بزرگ زمان انجام طرح را باید با دقت بیش‌تری انتخاب نمود.

- در برخی از رودخانه‌های بزرگ و طولانی ممکن است در طول مسیر، مصرف کنندگان زیادی از جمله مصارف بخش کشاورزی وجود داشته باشند. چنانچه زمان انجام طرح همزمان با عدم آبگیری مصرف کنندگان اصلی باشد در آن صورت سطح آب در رودخانه ممکن است به طور ناگهانی افزایش یابد و ناحیه تحقیق را تحت تاثیر قرار دهد.

۳-۳- مسایل مربوط به نقشه‌برداری حاشیه رودخانه‌ها

تعیین موقعیت و رقوم محل درختان انتخاب شده در روی ساحل رودخانه می‌تواند در بررسی‌های تکمیلی مورد استفاده قرار گیرد. به طور مثال برای بررسی تاثیر شیب بر سامانه ریشه در صورت داشتن موقعیت پایه‌ها و نقشه توپوگرافی ساحل رودخانه به راحتی می‌توان اثر شیب بر سامانه ریشه را تحلیل نمود. هم‌چنین اگر بررسی تاثیر جریان آبراهه بر سامانه ریشه مد نظر باشد، می‌توان رقوم سطح آب سیلاب‌های با دوره بازگشت مختلف، محاسبه و اثر پذیری سامانه ریشه از نیروی جریان آب را تحلیل نمود. بنابراین برداشت مقاطع عرضی رودخانه، پروفیل طولی، نقشه توپوگرافی بازه انتخاب شده و موقعیت و رقوم پایه‌ها دارای اهمیت است. در نقشه برداری این گونه طرح‌های پژوهشی، مشکلاتی به شرح زیر وجود دارد؛

- معمولا تراکم درختان در ساحل رودخانه‌ها زیاد است. در چنین شرایطی برداشت موقعیت پایه‌ها کار نسبتا سخت و زمان‌بری می‌باشد. در صورت وجود عوارض مرتفع در منطقه مطالعاتی، با استفاده از منشورهای بلند نقشه برداری، می‌توان این مشکل را تا اندازه‌ای رفع نمود.

- در صورتی که عمق رودخانه زیاد باشد، برای برداشت پروفیل طولی و مقاطع عرضی رودخانه باید از تجهیزات ایمنی و حمل و نقل مناسب استفاده نمود. در این خصوص استفاده از تجربه افراد بومی می‌تواند مفید باشد.

۴-۳- مسایل مربوط به حفاری ترانشه

- برای بررسی سامانه ریشه ممکن است از مقطع پروفیل مستقیم و یا دایره‌ای استفاده شود. با استفاده از مقطع پروفیل دایره‌ای می‌توان سامانه ریشه و مقاومت کششی ریشه را در جهت‌های مختلف و با جرئیات بیشتری مورد بررسی قرار داد[۱۶]. عمق حفاری به گونه گیاه، سن درخت و موقعیت آن نسبت به ساحل رودخانه بستگی دارد. هر چه سن درختان بیشتر و از ساحل رودخانه دورتر باشند عمق ریشه نیز بیشتر خواهد بود. عرض حفاری باید به گونه‌ای باشد که کار کردن در داخل ترانشه به آسانی انجام شود. عرض ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر برای این کار مناسب است. هر چه عمق حفاری بیشتر شود، کار کردن در عمق نیز سخت‌تر می‌شود و بهتر است در این خصوص مسائل ایمنی و راحتی کار در نظرگرفته شود. اگر حفاری در روی شیب انجام شود سختی کار نیز بیشتر خواهد شد. همین طور اگر پایه درختی انتخاب شده در نزدیک ساحل رودخانه باشد کار کردن در عمقی پایین‌تر از سطح آب رودخانه بسیار سخت خواهد بود و باید تمهیدات خاصی در نظر گرفته شود.

- در سواحل رودخانه‌ها به دلیل تاثیر جریان‌های سیلابی، ممکن است تنه درختان در پایین‌تر از سطح طبیعی زمین، خمیده باشند. بنابراین با توجه به روش

حفاری انتخاب شده ممکن است با وجود این که تنه در سطح خاک در مرکز دایره حفاری قرار گرفته باشد، در عمق‌های پایین‌تر، ساقه درخت بیرون از مرکز دایره حفاری واقع شود و به ناچار آن را از پایه‌های انتخابی، حذف نمود.

- درختان ساحلی سبب افزایش زبری رودخانه می‌شوند. این مسئله باعث می‌شود که رسوبات همراه جریان در روی ساحل و در بین درختان ته نشین شده و به مرور زمان ارتفاع ساحل افزایش یابد. به همین دلیل و طول سال‌های پی در پی در اثر وقوع سیلاب-های مختلف خاک سواحل رودخانه‌ها به صورت لایه‌ای است و ممکن است تا عمق زیادی از حفاری عملا ریشه‌ای مشاهده نشود و تنها ریشه‌های نابه‌جا روی تنه درخت رشد کرده باشند. هر چند ممکن است ریشه-های نابه‌جا سبب افزایش پایداری و پیوستگی لایه‌های مختلف خاک شوند اما عمق و هزینه حفاری در این پایه‌ها به مراتب بیش‌تر است.

- در حفاری به شکل مقطع پروفیل دایره‌ای باید مسائل ایمنی را رعایت نمود. چون در این روش اطراف پایه درخت به طور کامل کنده می‌شود پایداری درخت به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. برای جلوگیری از افتادن درخت بهتر است آن را مهار نمود یا با قطع شاخ و برگ‌های هوایی، وزن توده گیاه را کاهش داد. این مسئله در درختان بزرگ اهمیت بیشتری دارد. در خصوص درختچه‌ها این مسئله ممکن است زیاد مهم نباشد. در درختان مسن عمق ریشه دوانی بیشتر است و به تبع آن عمق حفاری نسبت به درختان جوان بیشتر است. در روزهایی که سرعت وزش باد زیاد است باید به این مسئله توجه بیشتری شود. بعد از پایان عملیات حفاری بهتر است که ترانشه حفاری شده دوباره با خاک‌های برداشت شده پر شود تا سبب جلوگیری از افتادن درخت و احیای دوباره آن شود.

- چون خاک ساحل رودخانه به صورت لایه‌ای است، متناسب با کیفیت خاک هر لایه، مقدار ریشه زنی درخت در عمق‌های مختلف با هم فرق می‌کند. برای تحلیل بهتر داده‌های برداشت شده بهتر است که مطالعات مکانیک خاک و خاکشناسی برای لایه‌های مختلف به طور جداگانه انجام می‌شود.

- با حفر دوایر هم مرکز، پیرامون تنه درخت، می‌توان توزیع افقی ریشه را بررسی نمود. هزینه عمیات اجرایی دوایری بیرونی بیشتر و احتمال ریزش دیواره بین آنها زیاد است. در صورت امکان با مهار دیواره بین ترانشه‌ها، می‌توان سامانه ریشه را در روی دیواره های درونی وبیرونی هر ترانشه به طور جداگانه مورد بررسی قرار داد.

۵-۳- مسایل مربوط به برداشت نمونه‌های ریشه

برای تعیین مقاومت کششی ریشه می‌توان در زمان حفاری، متناسب با اهداف تحقیق به تعداد کافی نمونه ریشه برداشت نمود. نمونه‌های برداشت شده دارای قطرهای مختلفی هستند. اما با دستگاه‌های موجود می-توان مقاومت کششی ریشه‌هایی تا حداکثر قطر ۲۰ میلی‌متر را با دقت خوبی تعیین نمود. هر چند ممکن است با راهکارهایی بتوان مقاومت کششی ریشه‌های با قطر بیشتر را تعیین کرد اما خطای آزمایش افزایش می‌یابد. در برداشت نمونه‌های ریشه برای تعیین مقاومت کششی باید به نکته‌های زیر توجه شود:

- ریشه‌های انتخاب شده برای تعیین مقاومت کششی باید بدون آسیب دیدگی باشند. زده‌گی نمونه ریشه‌های انتخاب شده، سبب گسیختگی آن‌ها در محل آسیب دیدگی می‌شود. چون ممکن است فاصله زمانی بین برداشت نمونه و انجام آزمایش مقاومت کششی طولانی شود، برای حفظ شرایط طبیعی، ریشه‌ها را در محلول ۱۵ درصد الکل (متانول) نگهداری می‌کنند. تا زمان انتقال ریشه‌ها به داخل محلول الکل و فقط برای چند ساعت اولیه برداشت، برای جلوگیری از خشک شدن آن‌ها، ریشه‌ها را در داخل نایلون نگهداری کرده و بعد از شست و شو و برش در قطع‌های ۱۵ تا ۲۰ سانتی-متری و دسته‌بندی بر حسب گونه و یا موارد دیگر، آنها را به داخل ظروف حاوی محلول الکل منتقل می‌کنند.

- انتخاب طول ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر برای هر نمونه ریشه مناسب می‌باشد. چون نمونه ریشه به شکل مخروطی است، هر چه طول آن بیشتر شود اختلاف

بین سطح مقطع دو سر ریشه افزایش می‌یابد و تمایل به گسیختگی ریشه در نزدیکی مقطع باریک‌تر بیشتر می‌شود. از آنجایی که معمولا قطر وسط ریشه در محاسبه مقاومت کششی استفاده می‌شود، دقت نتایج کاهش خواهد یافت. به همین دلیل متناسب با ابعاد فک‌ها باید طول ریشه را انتخاب نمود و هر چه این مقدار کمتر باشد بهتر است. بنا به دلیلی که گفته شد توصیه می‌شود قطر نمونه در سه نقطه ابتدا، انتها و وسط نمونه اندازه‌گیری شده و از قطر متوسط حسابی ریشه، برای تعیین مقدار مقاومت کششی استفاده شود[۱۶].

- هر چه فاصله زمانی بین برداشت نمونه تا انجام تست کشش کمتر باشد ریشه شرایط طبیعی خود را حفظ نموده و نتایج به دست آمده دقیق‌تر خواهد بود. معمولا زمان مناسب برای انجام این کار تا یک ماه گزارش شده است. چون همه آزمایش‌های تست کشش موفق نخواهند بود لازم است تعداد نمونه‌ها برداشت شده بیش از تعداد نتایج مثبت تست کشش مورد نیاز باشد. این مقدار تا دو برابر معقول می‌باشد.

- چنانچه قطر ریشه در نقطه اندازه‌گیری کاملا دایره‌ای نباشد، بهتر است که در دو جهت عمود بر هم قطر اندازه‌گیری و متوسط حسابی آنها در تعیین مقاومت کششی مورد استفاده قرار گیرد.

۶-۳- مسایل مربوط به بررسی سامانه ریشه

- برای بررسی سامانه ریشه ممکن است از روش مقطع پروفیل مستقیم و یا دایره‌ای استفاده شود[۱۷]. برای بررسی سامانه ریشه در روی پروفیل حفاری شده، ابتدا سطح دیواره پروفیل به افق‌های ۱۰ سانتی‌متری تقسیم می‌شود. برای این کار می‌توان از ریسمان مناسب و یا هر روش مناسب دیگر مانند عکسبرداری و آنالیز تصاویر استفاده نمود. در افق‌های ۱۰ سانتی‌متری، قطر و تعداد ریشه‌ها به طور جداگانه برداشت می‌شوند. برای تعیین قطر از کولیس استفاده می‌شود. چون در زمان حفاری ممکن است ریشه‌ها در نقطه‌ای غیر از سطح ترانشه به شکل نامناسب قطع شده باشند، در موقع اندازه‌گیری قطر، باید با ابزاری مناسب، ریشه را در سطح ترانشه به صورتی برش داد که شکل طبیعی آن حفظ شود. بعد از حفاری و افق بندی سطح ترانشه، بهتر است به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که اندازه‌گیری قطر ریشه‌ها در حداقل زمان ممکن بعد از اتمام حفاری انجام شود. طولانی شدن این بخش از کار باعث خشک شدن و جدا شدن پوست از ریشه شده و نتایج اندازه‌گیری قطر را دچار خطا خواهد کرد.

- در زمان اندازه‌گیری قطر ریشه، باید خاک‌های روی ریشه را پاک نمود. این مسئله سبب می‌شود که قطر ریشه با دقت بیشتری تعیین شود.

- چون شمارش تعداد و اندازه گیری قطر ریشه‌ها در داخل ترانشه، کار پر زحمتی است به منظور کاهش خطای انسانی بهتر است برای اندازه‌گیری قطر از کولیس‌های دیجیتالی استفاده شود.

۷-۳- آزمایش تعیین مقاومت کششی ریشه

در انجام آزمایش تعیین مقاومت کششی ریشه انتخاب نوع فک دارای اهمیت زیادی است. فک‌های موجود برای انجام تست کشش ریشه مناسب نیستند و لیزخوردن و لهیدگی ریشه از مشکلات رایج تست کشش ریشه با این نوع فک‌ها گزارش شده است[۱۷]. این مسئله سبب افزایش تعداد آزمایشات و بالا رفتن هزینه‌ها خواهد شد. در خصوص آزمایش تست کشش باید به نکات زیر توجه نمود:

- قبل از شروع آزمایش اصلی، برای آشنایی با کار دستگاه، بهتر است تعدادی ریشه به طور آزمایشی مورد تست کشش قرار گیرند. هدف از این کار تعیین میزان مناسب بسته شدن فک دستگاه، جهت نگهداری ریشه، تعیین حداکثر قطر قابل اندازه‌گیری و نحوه کار با دستگاه خواهد بود.

- فک دستگاه باید به گونه‌ای بسته شود که اولا ریشه بدون لهیدگی در بین فک‌ها محکم نگه داشته شود و ثانیا در زمان اعمال بار در بین فک‌ها لیز نخورد. چنانچه ریشه لهیده شده و یا لیز بخورد نتایج آزمایش غیر قابل قبول خواهد بود.

- تعیین سرعت مناسب اعمال بار دارای اهمیت زیادی می‌باشد. با افزایش سرعت اعمال بار، مقاوت کششی

ریشه بیشتر و در سرعت های پایین مقدار آن کمتر خواهد بود. برای تعیین سرعت بهینه اعمال بار، بهتر است از تجربه‌های پیشین استفاده شود و چون در شرایط طبیعی گسیختگی به صورت آنی رخ نمی‌دهد بهتر است سرعت کمتر در نظر گرفته شود.

- میزان محکم بستن ریشه در بین فک‌ها به صورت تجربی حاصل می‌شود. این مقدار در ریشه گونه‌های گیاهی مختلف، متفاوت است. برای ریشه‌های سفت‌تر میزان بسته شدن فک به مقدار کم، گیریش لازم را برای نگهداری ریشه تامین می‌کند. اما هر اندازه بافت ریشه نرم‌تر و دارای آب بیشتری باشد، لازم است که دهانه فک بیشتر بسته شود در این خصوص در اثر لهیدگی ریشه در محل فک‌ها، احتمال گسیختگی ریشه در داخل فک افزایش یافته و نتایج آن غیر قابل قبول خواهد بود.

- بهترین نتیجه برای تعیین مقاومت کششی ریشه زمانی به دست می‌آید که ریشه درست در وسط نمونه گسیخته شود. اما با توجه به شکل مخروطی ریشه ممکن است این ریشه از طرف باریکتر نمونه گسیخته شود در این دو حالت نتیجه آزمایش مورد قبول است. اما اگر ریشه در بین دو فک گسیخته شود به دلیل تاثیر فک بر سطح مقطع ریشه و تمرکز تنش، این نتایج قابل قبول نخواهد بود.

۴- نتیجه‌گیری

برای استفاده‌های کاربردی از پوشش های گیاهی از جمله ریشه درختان در حفاظت سواحل رودخانه شناخت خواص مکانیکی و مهندسی ریشه‌های ضروری می‌باشد. تنها با شناخت خواص فنی و مهندسی گیاهان است که می‌توان متناسب با اهداف مهندسی گونه برتر را شناسایی و از آن استفاده لازم را به عمل آورد. ویژگی‌های فنی و مهندسی گیاهان تابع شرایط محیط گیاه می‌باشد از این نظر تحقیقات میدانی به برای کسب داده‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. با این وجود با توجه به ماهیت تحقیقات میدانی مشکلات و عوامل کنترل نشده به مراتب بیشتر از کارهای آزمایشگاهی است. بنابراین برای کسب نتایج مطلوب از این گونه پژوهش‌ها باید تمهیدات لازم، متناسب با ابعاد کار در نظر گرفته شود. نتایج این طرح پژوهشی نشان داد که در انتخاب مکان تحقیق باید دسترسی آسان به محل انجام تحقیق، داشتن تعداد کافی از هرگونه در محل سایت، امکانات نقشه‌برداری برای برداشت موقعیت و رقوم ارتفاعی درختان و پروفیل طولی و مقاطع عرضی رودخانه، دسترسی به دستگاه و فک مناسب برای تعیین مقاومت کششی ریشه، بررسی درست سامانه ریشه و برداشت نمونه‌ها و نگهداری مناسب نمونه ریشه‌ها تا زمان انجام آزمایش کشش باید مورد توجه قرار گیرد.

پی نوشت

[1] Sub-aerial erosion
[2] Scouring
[3] Slumping
[4] Interception
[5] Evapotranspiration
[6] Shear strength
[7] Reinforcement
[8] Genetic properties
[9] Environmental characteristics
[10] Native riparian trees
[11] Instron 4486
[12] Wu, 1976

مراجع

[1] Docker, B. B. and Hubble, T. C. T., "Quantifying root-reinforcement of river bank soils by four Australian tree species", Geomorphology, 100: 401–418, ***2008***.

[۲] جعفرزاده، م."مکانیک رودخانه"، چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص۲، ***۱۳۸۷***.

[3] Simon, A., and Collison, A. J. C., " Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on stream bank stability", Earth Surf. Process. Landforms 27: 527–546, ***2002***.

[4] Hubble, T. C. T., Docker, B. B., and Rutherfurd, I. D., "The role of riparian trees in maintaining riverbank stability: A review of Australian experience and practice", Ecological Engineering, 36:

292–304, ***2010***.

[۵] عبدی، ا.، "بررسی تاثیر ریشه گونه‌های جنگلی در پایداری دامنه‌ها به منظور استفاده‌های کاربردی در جاده سازی جنگل و زیست مهندسی"،پایان‌نامه دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ***۱۳۸۸***.

[6] Bischeti, G,B., "Root cohesion of forest species in the Italian ALPS", Plant soil 324:71-89, ***2009***.

[7] Kory M. Konsoer, BruceL.Rhoads, Eddy J. Langendoen, James L. Best, MickE.Ursic, Jorge D. Abad, Marcelo H. Garcia, (2016)," Spatial variability in bank resistance to erosion on a large meandering, mixed bedrock-alluvial river", Geomorphology 252, 80–97, ***2016***.

[8] Bai, F., Yang, Z., Huai, W., Zheng, C., "A depth-averaged two dimensional shallow water model to simulate flow-rigid vegetation interactions", Procedia Engineering 154, 482-489, ***2016***.

[9] Watson, A. J., and Marden, M., "Live root-wood tensile strengths of some common New Zealand indigenous and plantation tree species", New Zealand journal of forestry science, 34(3): 344-353, ***2004***.

[10] Abernethy, B., and Rutherfurd, I.D., "The distribution and strength of riparian tree roots in relation to riverbank reinforcement", Hydrological Processes 15: 63–79, ***2001***.

[11] De Baets, S., Poesen, J., Reubens, B., Wemans, K., De Baerdemaeker, J., and Muys, B., "Root tensile strength and root distribution of typical Mediterranean plant species and their contribution to soil shear strength", Plant Soil, 305: 207–226, ***2008***.

[12] Bischetti, G.B., Chiaradia, E.A., Simonato,T., Speziali, B., Vitali, B., Vullo, P., and Zocco, A., " Root strength and root area ratio of forest species in Lombardy (Northern Italy)", Plant and Soil, 278:11–22, ***2005***.

[13] Mattia, C., Bischetti, G. B., and Gentile, F., "Biotechnical characteristics of root system of typical Mediterranean species", Plant and Soil, 278: 23-32, ***2005***.

[14] Cofie, P. and Koolen, A. J., "Test speed and other factors affecting the measurements of tree root properties used in soil reinforcement models", Soil and Tillage Research, 63: 51-56, ***2001***.

[۱۵] حسینی, ع. و شفاعی بجستان، م.، "مقایسه روشهای مختلف بررسی سیستم ریشه درختان ساحلی رودخانه‌ها، بمنظور کاربردهای بیومهندسی"، سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ***۱۳۹۱***.

[۱۶] حسینی، ع.، شفاعی بجستان، م.، موسوی جهرمی، س.، " بررسی ریشه درختان گز روی شیب ساحل رودخانه سیمره"، مجله علوم و مهندسی آبیاری، دانشگاه شهید چمران اهواز، ***۱۳۹۱***.

[۱۷] حسینی، ع.، "بررسی تاثیر ریشه درختان ساحلی در پایداری شیب سواحل رودخانه‌ها"، رساله دکتری، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، ***۱۳۹۱***.