

لحاظ طراحی دست بالای (over design) آن است.
 واژه‌های کلیدی: کنترل سیل، پایداری سازه، حوضه بودجان

مقدمه

از مجموع وسعت کشور ۸۷ میلیون هکتار را مناطق کوهستانی و ۷۸ میلیون هکتار را دشت‌ها و مناطق کم شیب تشکیل می‌دهند. حوضه‌های آبخیز کوهستانی عرصه‌های اصلی تولید آب بوده به طوری که سیل‌خیزی و تولید رواناب یکی از ویژگی‌های اصلی حوضه‌های آبخیز کوهستانی است. بنابراین کنترل رواناب و سیل در این مناطق و ذخیره آن بر اساس امکانات و موقعیت و انتقال آن به اراضی هموار و دشت، لزوم برنامه‌ریزی اصولی را ضروری ساخته است. از طرف دیگر این حوضه‌ها منشأ تولید رسوب و انتقال آن به مناطق پایین‌دست و از جمله پشت سدهای مخزنی می‌باشند که عمر مفید آن‌ها را کاهش می‌دهد. در این رابطه سازه‌های کنترل رسوب از سازه‌های آبخیزداری می‌باشند که با کاهش سرعت رواناب آبراهه‌ها و به تله انداختن رسوب، مانع از رسیدن و ترسیب این رسوبات در مخازن سدها می‌شوند. این سازه‌ها علاوه بر کنترل نسبی رسوب، بر ذخیره و نفوذ رواناب‌ها و کاهش شدت سیل نیز موثر می‌باشند. آن چه مهم است، پایداری این سازه‌ها و هزینه تمام شده آن‌ها می‌باشد. در حوضه‌های آبخیز کوهستانی به طور معمول برای کاهش سرعت رواناب و جلوگیری از سیل و کنترل فرسایش و رسوب از سازه‌هایی همچون بندهای خشکه‌چین، گابیونی و سنگ و سیمانی استفاده می‌شود. مهمترین نکات در راستای استفاده از این سازه‌ها در طبیعت این است در مکان مناسب احداث شوند، از استحکام مناسب برخوردار باشند، مصالح مناسب در آن‌ها به کار رفته باشد، حجم سازه با میزان رواناب و رسوب متناسب باشد تا در نهایت با هزینه‌های بهینه سازه‌های کارآمد و پایدار ایجاد گردد. بر این اساس سازه‌های آبخیزداری احداث شده در حوضه آبخیز بودجان شهرستان دهاقان مورد ارزیابی و تحقیق قرار گرفت و در طی آن از تک تک سازه‌ها بازدید و میزان تخریب آن‌ها ارزیابی گردید تا ضعف‌های احتمالی در ساخت آن‌ها مشخص و در پروژه‌های آتی مد نظر قرار گیرد.

مرور منابع تحقیقاتی بیانگر آن است که در حال حاضر نقش سازه‌های کوتاه در نفوذ و ذخیره رواناب‌ها یکی از موضوعات مهم در بحث مدیریت عملیات اجرایی می‌باشد. در همین ارتباط اندازه‌گیری‌های صحرائی انجام شده در آمریکا نشان می‌دهد که نفوذ

بررسی پایداری سازه‌های مکانیکی در حوزه آبخیز بودجان شهرستان دهاقان

فرزاد حیدری^۱، راضیه صبوچی^{۲*} و محمود متین^۳
 تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۳

چکیده

امروزه به دلیل استفاده‌های بی‌رویه از منابع طبیعی، وضعیت منابع آبی و خاکی در موقعیت بحرانی به سر می‌برند. برای کنترل و مبارزه با این خطرات، عملیات مختلف از جمله سازه‌ای در قالب طرح‌های آبخیزداری در عرصه‌های منابع طبیعی اجرا می‌شود که انتظار می‌رود کارایی لازم را برای مدت پیش‌بینی شده در طرح داشته باشند. این تحقیق با هدف ارزیابی پایداری سازه‌های احداث شده در رودخانه اصلی حوضه آبخیز بودجان شهرستان دهاقان استان اصفهان انجام شد. در ابتدا بازدیدهای صحرائی در منطقه انجام شد و مشخصات سازه‌ها و تخریب‌های ایجاد شده در آن‌ها ثبت گردید و رواناب و سیلاب حوضه با دوره‌های برگشت مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. مطابق این ارزیابی، تخریب در دو بند توری سنگی وجود نداشته و در ۳۹ بند سنگ و ملاتی، آبستگي و اجرای بد سازه به ترتیب با ۳۴٪ و ۱۷٪ از عوامل تخریب سازه‌ها می‌باشد. با توجه به عمر کم سازه‌ها علایم خسارت‌ها مشاهده شده در آن‌ها نمایانگر شروع تخریب است. چنانچه مرمت و اصلاح نگردند در آینده با مشکل روبه‌رو می‌گردند. همچنین تحلیل یکی از سازه‌های نمونه طرح نشان داد، پدیده‌های لغزش، واژگونی و پایداری در سازه‌ها بر اساس حداکثر دبی مشاهده شده وجود نداشته و فقط احتمال نشست سازه در بستر وجود دارد که شاید ناشی از وزن آن به

۱- مربی پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۲- کارشناس ارشد پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
 Email: razieh_saboochi@yahoo.com

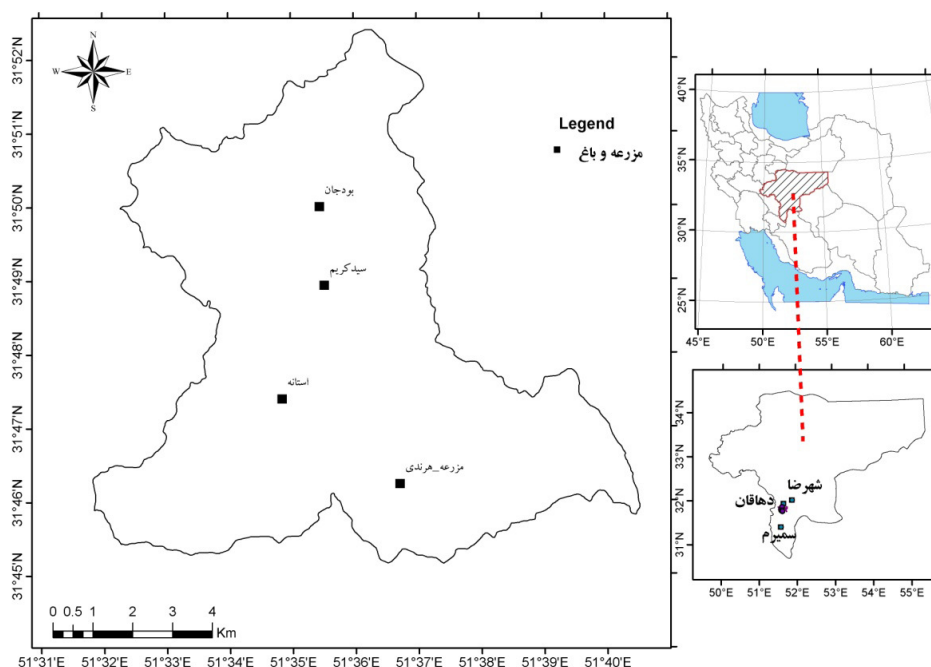
۳- کارشناس ارشد پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

روش‌شناسی منطقه مورد مطالعه

حوضه مورد مطالعه با وسعت ۹۲۷۹ هکتار در حدود ۱۰۰ کیلومتری جنوب اصفهان و در غرب شهرضا قرار داشته و بخشی از سراب زیرحوضه شور-دهاقان از زیرحوضه‌های هفت‌گانه زاینده‌رود (گاوخونی) می‌باشد و رودخانه آن در بالادست اصفهان در شهر مبارکه به رودخانه زاینده‌رود تخلیه می‌گردد. بلندترین نقطه حوضه کوه گرم‌آباد با ارتفاع ۳۳۵۹ متر و پست‌ترین نقطه حوضه با ۲۲۰۰ متر ارتفاع در بستر رودخانه در محل خروجی آن می‌باشد. اهمیت این حوضه در سیلابی بودن آن است، به طوری که یکی از علل اصلی گل‌آلودگی رودخانه زاینده‌رود در پایین دست سد در برخی سال‌ها مربوط به حوضه شور دهاقان بوده که حوضه مورد مطالعه یکی از دو شاخه اصلی آن است. حوضه منتخب حوضه‌ای کوهستانی است که به سبب شرایط مناسب برای تولید سیب درختی به این محصول اختصاص داده شده است، ضمن این که سایر محصولات زراعی نیز در آن کشت می‌گردد. در زیردست این حوضه شهر دهاقان، مرکز سمیرم سفلی قرار دارد که منطقه‌ای است بیلاقی و خوش آب و هوا که به طور عمده کشاورزی می‌باشد. با توجه به بارش نسبتاً مناسب حوضه که در ارتفاعات بیشتر به صورت برف می‌باشد، حوضه از منابع آبی خوبی برخوردار بوده و در صورتی که مدیریت مناسب بهره‌برداری از آب بر اساس توسعه پایدار در آن اجرا شود، می‌تواند آب مطمئن‌تر و دائمی‌تری برای اراضی کشاورزی مهیا نماید و با جلوگیری از توسعه اراضی کشاورزی بیشتر در این حوضه، با کنترل سیل و تزریق آن به آب‌های زیرزمینی منطقه، بر پتانسیل منابع آب‌های زیرزمینی منطقه دهاقان و روستاهای زیردست بیفزاید. شکل ۱ موقعیت حوضه نسبت به شهرهای اطراف را نشان می‌دهد.

آب در طول مدت سیلاب نقش مهمی در کاهش عمق نهایی یا سطح آب پشت سرریز در مخزن بند در سرآب سازه داشته است. نتایج تحقیقات انجام شده نشان داد، حدود ۶۴ درصد حجم سیلاب قبل از پایان زمان ورود آب به مخزن سد (یعنی از زمان شروع سیل‌گیری تا پایان آن)، در بستر آن نفوذ می‌کند [۱۳].

به طور کلی کاربرد عملیات آبخیزداری در حفظ آب و خاک هم از نظر علمی و هم از نظر اقتصادی به ویژه در حل مشکلات اجتماعی و سیاسی نقش اساسی دارد [۸]. در ملل مختلف جهان به ویژه در ایالات متحده آمریکا ارزیابی عملکرد طرح‌های آبخیزداری دارای دیرینه‌ای بیش از ۶۷ سال است. اما ارزیابی‌های انجام شده با اهداف گوناگونی انجام شده است. محققینی نظیر Doty [۵]، Noble [۹] و Satterland [۱۲] که در خصوص ارزیابی نقش عملیات مکانیکی و بیولوژیکی آبخیزداری در کاهش رسوب و رواناب بررسی و تحقیق نموده‌اند، در مجموع به این نکته تاکید دارند که موفقیت اقدامات آبخیزداری به دو عامل متناسب بودن سازه‌های حفاظت خاک و آب با ویژگی‌ها و خصوصیات حاکم بر آبخیزها و تاثیر آن‌ها در استقرار پوشش گیاهی به عنوان عامل پایداری و جزء اصلی و طبیعی هر آبخیز بستگی دارد [۵، ۹ و ۱۲]. غفاری و همکاران [۷] نشان دادند طرح‌های حفاظت خاک و آبخیزداری اثر مثبتی بر کاهش میزان بار معلق و عدم ایفای نقش موثر بر کاهش میزان فرسایش داشته است، به طوری که میزان فرسایش تغییر چشم‌گیری نداشته است. ایلدرمی و همکاران [۶] نشان دادند عملیات آبخیزداری مقدار فرسایش و رسوب را در حوضه منگاو در حدود ۱/۳۵ درصد و در حوضه قلی‌کندی در حدود ۲/۳۵ درصد کاهش داده است.



شکل ۱: موقعیت حوضه مورد مطالعه نسبت به شهرهای اطراف

روش انجام پژوهش

به منظور انجام پژوهش در ابتدا آمار و اطلاعات مربوط به بارش - رواناب از سازمان آب و اداره هواشناسی استان تهیه شد. به علت عدم وجود اطلاعات مناسب و کافی از حوضه بودجان و با توجه به این که ایستگاه هیدرومتری تنگ زردآلو در محل خروجی حوضه ی همگین، نزدیک ترین و مشابه ترین حوضه از لحاظ خصوصیات فیزیوگرافیکی و اقلیمی به حوزه بودجان، سیلاب حوضه از طریق اطلاعات ایستگاه هیدرومتری تنگ زردآلو در جنوب حوضه برآورد گردید و نتایج به حوضه مورد بررسی تعمیم داده شد. با توجه به آمار جدید این ایستگاه و شباهت های اکولوژیکی و هیدرولوژیکی حوضه همگین به حوضه بودجان، استفاده از آمار این ایستگاه با ضرایبی برای تجزیه و تحلیل، مبنای ارزیابی طرح قرار گرفت.

با توجه به اختلاف ارتفاع متوسط حوضه مورد مطالعه نسبت به ایستگاه همگین لازم بود اصلاحاتی در مقدار بارندگی ایستگاه همگین انجام و برای حوضه مورد مطالعه منظور گردد. از آنجا که ایستگاه باران سنجی همگین دارای ۴۳ سال آمار بارندگی بود، آمار این ایستگاه به عنوان پایه داده های بارندگی حوضه مورد مطالعه استفاده گردید. از طرف دیگر لازم بود آمار بارندگی روزانه همگین برای تجزیه و تحلیل داده های دبی رودخانه همگین در محل ایستگاه هیدرومتری همگین دریافت گردد. برای تعیین متوسط بارندگی حوضه مورد مطالعه که علیرغم نزدیک بودن به ایستگاه همگین از اختلاف ارتفاعی حدوداً ۴۳۵ متر نسبت به این ایستگاه برخوردار بود ابتدا از روش گرادیان بارندگی استفاده گردید. برای این منظور از آمار شش ایستگاه هواشناسی مناطق مجاور شامل ایستگاه های بروجن، شهرضا، همگین، مقصود بیک، مهیار و مهرگرد استفاده شد. با استفاده از اطلاعات شش ایستگاه هواشناسی منتخب، رابطه بین بارندگی و ارتفاع در منطقه مورد بررسی به شرح زیر به دست آمد:

$$P = 0.327H - 452.6$$

$$R^2 = 0.88$$

که در آن:

(P) متوسط بارندگی سالانه (میلی متر)، (H) ارتفاع از سطح دریا (متر) و (R^2) ضریب همبستگی معادله می باشد. با قرار دادن متوسط ارتفاع حوضه مورد مطالعه در این رابطه (۲۵۸۵ متر) میانگین بارندگی سالانه حوضه مورد مطالعه ۳۹۳ میلی متر به دست آمد که ۱/۳۶ برابر متوسط آمار ایستگاه همگین می باشد. از طرف دیگر در زمان شروع مطالعه این حوضه اقدام به نصب چهار باران سنج در چهار نقطه حوضه مورد مطالعه گردید، برای محاسبه بارندگی حوضه مورد مطالعه علاوه بر روش گرادیان بارندگی از این باران سنج ها نیز استفاده گردید.

همچنین به منظور تدقیق مرز حوضه، اطلاعات مکانی از جمله نقشه های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ جمع آوری شد و با بررسی های میدانی مرزها اصلاح و مختصات جغرافیایی عوارض و کلیه سازه های

آبخیزداری با استفاده از GPS تهیه شد. در ادامه حجم مخزن پشت تمام بندها با استفاده از نقشه برداری تعیین شد. از حوضه و محل سازه های احداث شده در رودخانه در هنگام وقوع بارندگی بازدید به عمل آمد و در پایان مقایسه اجمالی عملیات انجام شده و پیش بینی شده انجام شد و کارکرد سازه ها، نوع تخریب سازه ها و لغزش، واژگونی و شکست سازه ها مورد مطالعه قرار گرفت.

لغزش

پدیده لغزش عبارتست از حرکت سازه احداث شده در آبراهه تحت تأثیر نیروهای وارده بر سازه به سمت پایین دست. نیروهای مؤثر بر این پدیده عبارتند از:

الف) نیروهای لغزاننده (MS): نیروی هیدرواستاتیک آب (F_x) که از تفاضل نیروی هیدرواستاتیک آب در پایین دست سازه از نیروی هیدرواستاتیک آن در بالادست سازه به دست می آید، نیروی هیدرودینامیک آب (F_u)، نیروی ناشی از وزن رسوبات (F_s).

ب) نیروهای نگهدارنده (MR): نیروی اصطکاک (F_k) (که خود حاصل نیروی وزن سازه و نیروی وزن آب می باشد). بعد از محاسبه این نیروها باید ضریب پایداری در مقابل لغزش به صورت زیر محاسبه شود. اگر این ضریب بیشتر از ۱/۵ باشد سازه در مقابل پدیده لغزش مقاوم است [۱].

$$\text{Safty Factor Sliding (S.F.S.)} = \frac{MR}{MS} = \frac{Fk}{Fx + Fu + Fs} > 1.5$$

واژگونی (Overturning)

واژگونی عبارتست از چرخش سازه حول پاشنه به طرف پایین دست آن در اثر نیروهای چرخاننده. نیروهای مؤثر در این پدیده عبارتند از:

الف) نیروهای چرخاننده (MO): این نیروها باعث چرخش سازه حول پاشنه سازه می گردند که عبارتند از: نیروی هیدرواستاتیک آب در بالادست سازه (F_{x1})، نیروی هیدرودینامیک آب (F_{Ww})، نیروی ناشی از وزن رسوبات (F_{Ws})، نیروی زلزله (به دلیل عدم وقوع صفر در نظر گرفته شد).

ب) نیروهای نگهدارنده (MR): این نیروها از چرخش سازه حول پاشنه جلوگیری می کنند که عبارتند از: نیروی وزن آب (F_{Ww})، نیروی وزن سازه (F_{Ws})، نیروی هیدرواستاتیک آب در پایین دست سازه (F_{x2})، نیروی ناشی از وزن رسوبات (F_{sed})، نیروی اصطکاک به این دلیل که نقطه اثر آن از پاشنه می گذرد یا به عبارتی فاصله مرکز ثقل این نیرو از پاشنه صفر است در پدیده واژگونی اثری ندارد و (EP) نقطه اثر برآیند نیروهای هیدرواستاتیک آب.

بعد از تعیین مقادیر نیروهای مورد نظر باید مقدار ضریب پایداری سازه در مقابل واژگونی به دست آید که اگر از ۱/۵ بیشتر باشد سازه در مقابل واژگونی مقاوم است [۱].

$$\text{Safty Factor Overturning (S.F.o.)} = \frac{Mo}{MR}$$

$$= \frac{(Fx_2 \times Ep) + (Fw_w \times Ep) + (Fw_s \times Ep)}{(Fx_1 \times Ep) + (Hydraulic \times Ep) + (FSed \times Ep)} > 1.5$$

رابطه عمومی باربری در پی (Foundation)

ساده‌ترین فرمول برای پی بردن به مقاومت باربری زمین رابطه $\sigma = \frac{F}{A}$ می‌باشد. در این رابطه F عبارت از نیرو یا وزنی است که از طرف سازه به زمین وارد می‌شود و معمولاً بر حسب کیلوگرم است. A عبارت از سطحی است که فشار را تحمل می‌کند و بر حسب سانتی‌متر مربع بیان می‌گردد و σ عبارت از فشاری است که بر زمین وارد می‌شود. هر خاک و یا سنگ دارای σ مخصوص به خود می‌باشد که مقدار آن در آزمایشگاه تعیین می‌گردد. هرگاه فشار وارده بر پی از مقدار فشار مجاز وارده بر آن تجاوز نماید پدیده‌ی نشست یعنی ناتوانی در مقابل باربری صورت می‌گیرد. نکته دیگر آن‌که وجود آب در پی نیز مشکلاتی را به وجود می‌آورد که بر روی باربری آن تاثیر می‌گذارد. وجود آب هم از نقطه نظر کیفی و هم از نقطه نظر کمی دارای اهمیت است [۱].

نتایج

بارندگی فصلی حوضه

برای تعیین بارندگی‌های فصلی حوضه از آمار ماهانه حوضه مورد

مطالعه در جدول ۱ استفاده شد. جدول ۲ میانگین مقادیر بارش را در فصل‌های مختلف سال برای حوضه مورد مطالعه نشان می‌دهد. بر طبق این جدول بیشترین بارش‌ها با حدود ۵۰ درصد در زمستان به وقوع می‌پیوندند و در ارتفاعات عمدتاً به صورت برف می‌باشد.

سیلاب

برای ارزیابی سازه‌های مکانیکی آبخیزداری در آبراهه‌ها و رودخانه‌ها از نظر پایداری لازم بود دبی سیلاب‌ها با دوره برگشت‌های مختلف محاسبه شود تا مقاومت سازه‌ها در سیلاب‌های با دوره برگشت مختلف از جمله دبی سیل طراحی (با دوره برگشت ۲۵ ساله) ارزیابی گردد. برای این کار همان طور که استدلال شد از آمار ایستگاه هیدرومتری همگین که نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به حوضه در دست مطالعه می‌باشد، استفاده گردید و دبی لحظه‌ای سیلاب ایستگاه فوق از سازمان آب منطقه‌ای اصفهان تهیه شد و با استفاده از روش‌های آماری، مناسب‌ترین روش توزیع آماری تعیین شده (لوگ پیرسون تیپ III) و دبی سیلاب در دوره‌های برگشت مختلف محاسبه گردید. جدول ۳ مقادیر دبی را در دوره برگشت‌های مختلف نشان می‌دهد.

بررسی سازه‌های اجرا شده در حوضه

به منظور ارزیابی سازه‌ها در حوضه از تک‌تک آن‌ها بازدید به عمل آمد و موقعیت جغرافیایی، ابعاد هندسی، میزان تخریب و عامل تخریب مشخص گردید.

جدول ۱: بارش ماهانه ایستگاه همگین و حوضه مورد مطالعه (میلی‌متر)

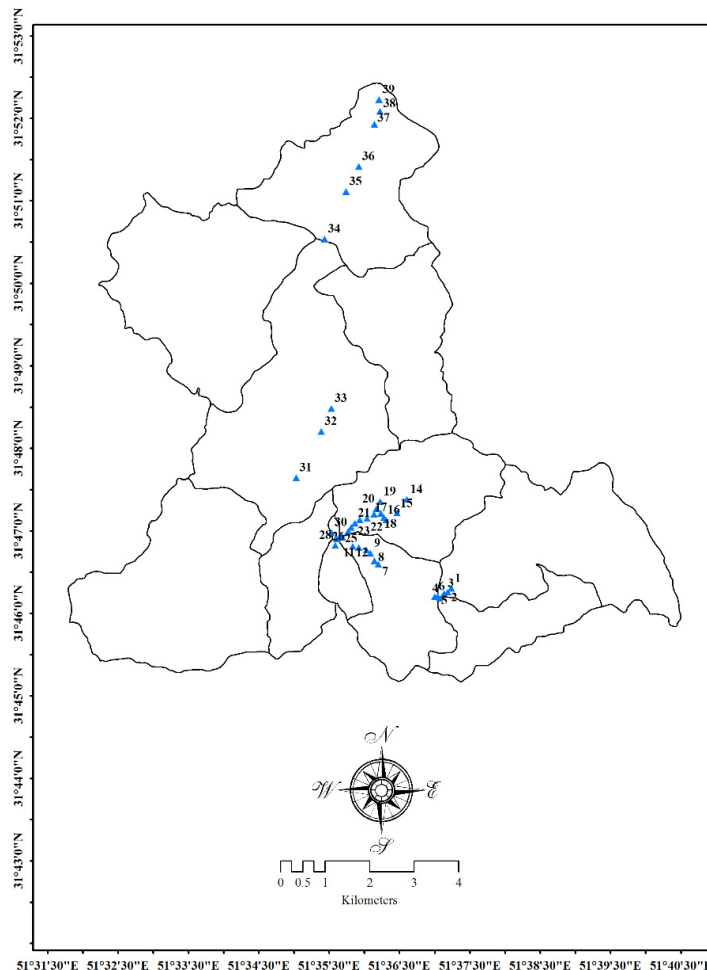
محل	ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
ایستگاه همگین		۵۶	۴۱	۵۴	۳۴	۱۳	۱	۴	۱	۰	۱۰	۲۸	۴۹	۲۹۰
حوضه مورد مطالعه		۶۲	۴۵	۵۹	۳۷	۱۴	۱	۴	۱	۰	۱۱	۳۱	۵۴	۳۲۰

جدول ۲: بارش فصلی حوضه مورد مطالعه

محل	فصل	تابستان	بهار	زمستان	پائیز
حوضه مورد مطالعه		۶	۵۲	۱۶۶	۹۶

جدول ۳: دبی حوضه مورد مطالعه در دوره‌های برگشت مختلف (متر مکعب بر ثانیه)

محل	دوره بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
حوضه مورد مطالعه		۳/۵	۱۰/۶۹	۱۶/۸۹	۲۰/۵۴	۲۳/۲	۲۵/۲۲	۳۱/۳۲	۳۷/۰۵



شکل ۲: موقعیت سازه‌های احداث شده در حوضه مورد مطالعه

ارزیابی سازه‌های احداث شده در حوضه مورد مطالعه

برای ارزیابی سازه‌ها مطابق شکل ۲ و جدول ۴ که از طریق GPS تهیه شد در هر دو زمان وجود رواناب و خشک بودن رودخانه به حوضه مورد مطالعه رفته و نسبت به ارزیابی هر یک از سازه‌ها در رابطه با هفت عامل تخریب شامل لغزش، واژگونی، پایداری، آبستگي، عدم نشست، مصالح نامناسب و اجرای بد سازه اقدام گردید. جدول ۵ هفت نوع عامل تخریب شامل لغزش، واژگونی، پایداری، آبستگي، عدم تحمل پی، مصالح نامناسب و اجرای بد سازه را نشان می‌دهد که از این تعداد، فقط دو نوع تخریب در بندها مشاهده گردید. لازم به توضیح است که در این جدول آبستگي به مفهوم آب سطحی منجر به فرسایش خاک است که در ادامه و با تمرکز آب و انحراف آن به پشت دیواره، زیرشویی را منجر شده است و مقدار تخریب بسته به مقدار جریان آب دارد.

بند شماره ۳۳ از جنس سنگ سیمان به دلیل اینکه هم فاقد نواقص اجرایی و هم از لحاظ ابعاد به طور تقریب در حد وسط قرار داشت به عنوان بند تپیک انتخاب و در آن لغزش، واژگونی، پایداری و نشست با استفاده از نشریه شماره ۴۱۷ دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه

ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور [۱۰] که توسط دفتر طرح ریزی و هماهنگی معاونت سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری تهیه گردیده است، تحلیل گردید. داده‌های مورد استفاده که در مطالعات صحرایی و دانه‌بندی آن در آزمایشگاه به‌دست آمده همراه با محاسبات آن برای تحلیل پایداری سازه در نشریه فوق، به شرح جدول ۶ می‌باشد.

با جایگزینی داده‌ها در رابطه S.F.S. مقدار آن برابر ۶/۵۶ بدون زلزله و ۳/۷ با زلزله به دست آمد که نشان می‌دهد سازه مورد بررسی در این حوضه که تپیک سازه‌ها می‌باشد فاقد لغزش بوده و سایر سازه‌ها هم دارای پدیده لغزش نمی‌باشند. همچنین با جایگزینی داده‌ها در رابطه S.F.O. مقدار آن برابر ۳۴/۲۲ بدون زلزله و ۸/۸۱ با زلزله به‌دست آمد که چون بیش از ۱/۵ می‌باشد امکان واژگونی در سازه‌های این حوضه وجود ندارد.

با توجه به جنس مواد بستر که مقاومت آن ۴/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است و محاسبات انجام شده، مقدار خروج از محور $e = ۳/۵۲$ و $\sigma_{Max} = ۱/۵۳$ (kg/cm²) و $\sigma_{Min} = ۰/۹۳$ - می‌باشد. با توجه به این‌که حداقل فشار وارد بر پی برای

جدول ۴: مشخصات بندهای احداث شده در حوزه بودجان

شماره سازه	ابعاد سرریز (متر)		دستک راست (متر)				دستک چپ (متر)				ارتفاع سرریز تا پاجین / حوضچه آرامش (متر)		ابعاد پاجین / حوضچه آرامش (متر)				ابعاد دیواره نگهدارنده											
	ارتفاع	عرض	ارتفاع	عرض	عرض	ارتفاع	عرض	عرض	ارتفاع	عرض	عرض	ارتفاع	عرض	عرض	ارتفاع	عرض	عرض	ارتفاع	عرض									
۱	۰/۸۰	۴/۱۵	۰/۶۰	۲/۳۰	۰/۸۰	۶	۲/۲	۷/۳۰	۰/۸۰	۲/۱۰	۳/۶۰	۴/۱۵	۰/۸۰	۶	۱/۲۰	۱	۰/۸۰	۴/۱	۰/۵۵	۲/۴۰	۱۰	۰/۸۰	۲/۶	۳/۷	۴/۱	۰/۸۶	۵/۶	۱/۴
۲	۰/۹۵	۳/۹۵	۰/۵۰	۱/۸۵	۰/۸۰	۶/۶	۱/۷	۳/۶	۰/۸۵	۱/۸	۳/۴۰	۴/۱	۰/۹۵	۶	۱/۳	۲	۰/۸۰	۳/۹۵	۰/۵۰	۲/۴۰	۱۰	۰/۸۰	۲/۶	۳/۷	۴/۱	۰/۸۶	۵/۶	۱/۴
۳	۰/۸۲	۴/۹۵	۰/۵۰	۲/۳۵	۰/۸۰	۱۰	۲	۶/۶	۰/۸۲	۲	۳/۳۰	۴/۹۵	۰/۸۲	۵/۵	۱/۶۶	۲	۰/۸۲	۴/۹۵	۰/۵۰	۲/۳۵	۱۰	۰/۸۲	۲/۳	۳/۴۰	۴/۱	۰/۸۶	۵/۶	۱/۳
۴	۰/۸۰	۵/۵	۰/۵۲	۲/۱۰	۰/۸۲	۷/۵	۲/۱۰	۶/۲	۰/۸۲	۲/۱۰	۳/۵	۵/۵	۰/۸۰	۵/۸	۱/۶۶	۲	۰/۸۲	۴/۹۵	۰/۵۰	۲/۳۵	۱۰	۰/۸۲	۲/۳	۳/۴۰	۴/۱	۰/۸۶	۵/۶	۱/۳
۵	۰/۸۵	۷/۲	۰/۵۰	۲/۴۵	۰/۸۰	۹/۴	۲/۱۵	۷	۰/۸۲	۲/۱۵	۲/۶	۷/۲	۰/۸۵	۵/۲۰	۱/۲	۲/۳۰	۰/۸۲	۷/۲۰	۰/۵۰	۲/۴۵	۱۰	۰/۸۲	۲/۳	۳/۴۰	۴/۱	۰/۸۶	۵/۶	۱/۳
۶	۰/۸۰	۵	۰/۵۵	۱/۷۵	۰/۸۰	۷/۴	۱/۷۰	۴/۳۰	۰/۸۰	۱/۹۰	۳/۳۰	۵	۰/۸۰	۱/۴۰	۱/۹۰	۱/۴۰	۰/۸۰	۵	۰/۵۵	۱/۷۵	۷/۴	۱/۷۰	۴/۳۰	۳/۳۰	۴/۳۰	۵	۰/۸۳	۱/۴۰
۷	۰/۸۰	۵/۲	۰/۵۰	۱/۹۰	۰/۸۰	۷	۲/۱۵	۵/۷	۰/۸۰	۱/۹۰	۲/۷	۵/۲	۰/۸۰	۱/۹۰	۱/۹۰	۱/۶۰	۰/۸۰	۵/۲	۰/۵۰	۱/۹۰	۷	۲/۱۵	۵/۷	۳/۳۰	۴/۳۰	۵	۰/۸۳	۱/۴۰
۸	۰/۹۰	۴/۵	۰/۵۰	۱/۹۰	۰/۸۰	۴/۶	۱/۸	۸/۷	۰/۸۰	۱/۹۰	۳/۶	۴/۵	۰/۹۰	۴/۸	۱/۹۰	۱/۹۰	۰/۸۰	۴/۵	۰/۵۰	۱/۹۰	۸/۷	۰/۸۰	۴/۶	۱/۸	۳/۶	۴/۵	۰/۸۰	۴/۸
۹	۰/۸۷	۴/۵	۰/۵۰	۱/۹۰	۰/۷۵	۱۰/۵	۱/۷۵	۶/۷	۰/۷۷	۱/۹۰	۳/۴۰	۴/۵	۰/۸۷	۵/۵	۱/۹۰	۱/۹۰	۰/۷۵	۴/۵	۰/۵۰	۱/۹۰	۶/۷	۰/۷۷	۱/۹۰	۳/۴۰	۴/۵	۰/۷۵	۵/۵	۱/۴۰
۱۰	۰/۸۰	۳/۸	۰/۵۰	۱/۵۲	۰/۸۰	۸	۱/۶۰	۵/۱	۰/۸۲	۱/۶۰	۲/۶۰	۳/۸	۰/۸۰	۴/۵	۱/۲	۲/۶۰	۰/۸۲	۳/۸	۰/۵۰	۱/۵۲	۸	۱/۶۰	۵/۱	۲/۶۰	۲/۶۰	۳/۸	۰/۸۰	۴/۵
۱۱	۰/۸۰	۴	۰/۵۰	۱/۵۵	۰/۷۸	۵	۱/۵۰	۳/۹۰	۰/۷۵	۱/۶۵	۳	۴	۰/۸۰	۴/۵	۱/۶۵	۱/۶۵	۰/۷۵	۴	۰/۵۰	۱/۵۵	۵	۱/۶۵	۳	۴	۱/۶۵	۳	۰/۸۰	۴/۵
۱۲	۰/۷۰	۸	۰/۶۰	۲/۶۰	۰/۷۰	۶/۶۰	۲/۱۰	۵/۲	۰/۷۰	۲	۴/۲۰	۸	۰/۷۰	۴/۹۰	۱/۱۰	۲/۶۰	۰/۷۰	۴/۲۰	۰/۶۰	۲/۶۰	۶/۶۰	۲/۱۰	۵/۲	۲	۴/۲۰	۸	۰/۸۳	۴/۹۰
۱۳	۰/۴۵	۴/۱۵	۰/۵۰	۰/۷۲	۰/۸۳	۳/۱۰	۰/۸۵	۵	۰/۸۴	۰/۹۰	۳/۱۰	۴/۱۵	۰/۴۵	۴/۸	۱/۲	۳/۱۰	۰/۸۴	۴/۱۵	۰/۵۰	۰/۷۲	۰/۸۳	۳/۱۰	۵	۰/۸۴	۴/۱۵	۰/۸۳	۵/۲۰	۰/۹۰
۱۴	۰/۶۵	۴/۳۵	۰/۵۰	۱/۳۰	۰/۸۲	۳/۶	۱/۲	۶/۹	۰/۸۰	۱/۲	۳/۸	۴/۳۵	۰/۶۵	۴/۸	۱/۲	۳/۸	۰/۸۰	۴/۳۵	۰/۵۰	۱/۳۰	۳/۶	۱/۲	۶/۹	۳/۸	۴/۳۵	۰/۸۶	۵/۴	۱/۰۵
۱۵	۰/۸۵	۴/۸	۰/۵۰	۲/۲۰	۰/۸۵	۱۳/۲	۱/۷۰	۵/۴	۰/۸	۲	۳/۶	۴/۸	۰/۸۵	۴/۸	۱/۲	۳/۶	۰/۸	۵/۴	۰/۵۰	۲/۲۰	۱۳/۲	۱/۷۰	۵/۴	۴/۸	۰/۸۴	۵/۴	۱/۱	۱/۱
۱۶	۰/۷۰	۴/۴۵	۰/۵۰	۱/۹۶	۰/۸۰	۶/۲	۱/۷	۵/۷	۰/۸۳	۲	۲/۷	۴/۴۵	۰/۷۰	۴/۴۵	۱/۲	۲/۷	۰/۸۳	۴/۴۵	۰/۵۰	۱/۹۶	۶/۲	۱/۷	۵/۷	۲/۷	۴/۴۵	۰/۸۴	۴/۴	۱/۲
۱۷	۰/۸۰	۵/۲۰	۰/۵۰	۲/۲	۰/۸۰	۵/۴	۱/۸۵	۹/۷	۰/۸۰	۲	۳/۲۰	۵/۲۰	۰/۸۰	۵	۱/۲۰	۳/۲۰	۰/۸۰	۵/۲۰	۰/۵۰	۲/۲	۹/۷	۱/۸۵	۹/۷	۲	۳/۲۰	۵/۲۰	۰/۸۰	۵
۱۸	۰/۹۰	۵	۰/۵۵	۰/۹۰	۰/۸۰	۴/۶۰	۱/۸۵	۶/۸۰	۰/۸۰	۱/۷۰	۳/۷۰	۵	۰/۹۰	۵/۷۰	۱/۳۰	۵/۷۰	۰/۸۰	۵	۰/۵۵	۰/۹۰	۴/۶۰	۱/۸۵	۶/۸۰	۵	۳/۷۰	۵	۰/۸۰	۵/۷۰
۱۹	۰/۸۰	۵	۰/۵۰	۱/۶	۰/۷۵	۶/۶	۱/۶۰	۷/۶	۰/۸۰	۲/۶۵	۴	۵	۰/۸۰	۶	۱/۶۰	۲/۶۵	۰/۸۰	۵	۰/۵۰	۱/۶	۷/۶	۱/۶۰	۲/۶۵	۴	۵	۰/۸۰	۶	۱/۶۰
۲۰	۰/۶۷	۳/۹	۰/۵۰	۲/۳۰	۰/۸۰	۸/۸	۲/۱۰	۴/۷	۰/۸۰	۲/۱۰	۴/۷	۳/۹	۰/۶۷	۴/۸	۱/۲	۴/۷	۰/۸۰	۳/۹	۰/۵۰	۲/۳۰	۸/۸	۲/۱۰	۴/۷	۲/۱۰	۴/۷	۲/۵۰	۳/۹۰	۱/۴۵
۲۱	۰/۸	۳/۵۵	۰/۵۰	۱/۶۵	۰/۸	۷/۲۰	۱/۹۰	۶/۱	۰/۸	۱/۹۰	۳/۷۰	۳/۵۵	۰/۸	۵/۳۰	۱/۸۰	۳/۷۰	۰/۸۰	۳/۵۵	۰/۵۰	۱/۶۵	۷/۲۰	۱/۹۰	۶/۱	۳/۷۰	۳/۵۵	۰/۸۰	۵/۳۰	۱/۲۰
۲۲	۰/۶۸	۳/۹۰	۰/۵۰	۲/۰۵	۰/۸۰	۸/۲	۲	۶	۰/۸۰	۱/۹۵	۵	۳/۹۰	۰/۶۸	۴/۸۵	۵/۲۰	۳/۹۰	۰/۸۰	۳/۹۰	۰/۵۰	۲/۰۵	۸/۲	۲	۶	۱/۹۵	۵	۳/۹۰	۰/۸۰	۵/۳۰
۲۳	۰/۷۳	۴/۸۵	۰/۵۰	۲/۳۰	۰/۷۵	۹/۱	۱/۷	۵/۲۰	۰/۸۰	۲/۰۵	۵/۲۰	۴/۸۵	۰/۷۳	۴/۸۵	۵/۲۰	۴/۸۵	۰/۸۰	۵/۲۰	۰/۵۰	۲/۳۰	۹/۱	۱/۷	۵/۲۰	۲/۰۵	۵/۲۰	۴/۸۵	۰/۸۰	۵/۳۰
۲۴	۰/۷	۴/۸	۰/۵	۲/۳۵	۰/۷۵	۹	۱/۸	۵/۲	۰/۸۳	۲/۲۰	۵/۳	۴/۸	۰/۷	۴/۸	۱/۲	۵/۳	۰/۸۳	۴/۸	۰/۵	۲/۳۵	۹	۱/۸	۵/۲	۲/۲۰	۵/۳	۴/۸	۰/۷۵	۵/۳
۲۵	۰/۶۷	۵/۵	۰/۶	۱/۹۰	۰/۶	۴/۳۰	۱/۹۵	۵	۰/۶۰	۱/۶	۳/۲۰	۵/۵	۰/۶۷	۵/۵	۳/۲۰	۵/۵	۰/۶۰	۱/۶	۰/۶	۱/۹۵	۵	۰/۶۰	۱/۶	۳/۲۰	۵/۵	۳/۲۰	۵/۵	۱
۲۶	۰/۶۳	۷	۰/۷۰	۲/۸۳	۰/۶	۵/۳	۲/۶۳	۹	۰/۶۰	۲/۶۳	۹	۴/۲۰	۰/۶۳	۴/۷۰	۲/۰۵	۴/۲۰	۰/۶۰	۴/۲۰	۰/۷۰	۲/۸۳	۹	۰/۶۰	۲/۶۳	۹	۴/۲۰	۰/۶۳	۴/۷۰	۱
۲۷	۰/۶۰	۴/۱۰	۱/۵	۹۲/۶۵	۰/۸۰	۴/۴۰	۹۲/۹۰	۵	۰/۷۵	۰/۹۰	۲	۴/۱۰	۰/۶۰	۴/۱۰	۱	۹۲/۶۵	۰/۷۵	۴/۱۰	۱/۵	۹۲/۶۵	۰/۸۰	۴/۴۰	۹۲/۹۰	۵	۰/۷۵	۴/۱۰	۱	۱/۵۰
۲۸	۰/۷۰	۳/۴۰	۰/۹۰+۱/۲۰	۱/۳۰	۰/۸۰	۴/۳۰	۴/۳۰	۵	۰/۸۰	۱	۲/۷۰	۳/۴۰	۰/۷۰	۴/۳۰	۱	۲/۷۰	۰/۸۰	۳/۴۰	۰/۹۰	۱/۳۰	۴/۳۰	۴/۳۰	۵	۰/۸۰	۴/۳۰	۱	۲/۷۰	۱/۵۰
۲۹	۱/۰۵	۱۰	۰/۸۰	۶/۷۰	۱	۲۴/۵	۶/۷۰	۴۶	۱	۷/۶۰	۶/۳۰	۱۰	۱/۰۵	۹/۲۰	۲/۳۰	۹/۲۰	۱	۱۰	۰/۸۰	۶/۷۰	۱	۲۴/۵	۶/۳۰	۴۶	۱	۷/۶۰	۶/۳۰	۲/۳۰
۳۰	۱/۰۵	۱۰	۱/۶۰	۲/۸۰	۰/۶۵	۵/۵	۲/۲۰	۴/۵۰	۰/۶۵	۱/۷۵	۶	۱۰	۱/۰۵	۸/۷۰	۱/۵۵	۸/۷۰	۰/۷۰	۱۰	۱/۶۰	۲/۸۰	۶	۱/۷۵	۶	۱۰	۱/۵۵	۸/۷۰	۱/۵۵	۲/۳۰
۳۱	۰/۸۰	۸	۰/۷۰	۲	۰/۸۰	۷	۲	۱۱/۵	۰/۸۰	۲/۲	۲/۲	۸	۰/۸۰	۶/۵	۱/۳۵	۶/۵	۰/۸۰	۸	۰/۷۰	۲	۱۱/۵	۰/۸۰	۷	۲	۱۱/۵	۶/۵	۱/۳۵	۱/۳۵
۳۲	۰/۷۸	۷/۸۰	۰/۸۴	۲/۰۵	۰/۷۵	۶	۱/۸۴	۱۰	۰/۷۵	۱/۶۰	۵/۱۵	۷/۸۰	۰/۷۸	۷/۱۵	۱/۶۰	۵/۱۵	۰/۷۵	۷/۸۰	۰/۸۴	۲/۰۵	۶	۱/۸۴	۱۰	۵/۱۵	۷/۱۵	۱/۶۰	۵/۱۵	۱/۶۵
۳۳	۱	۹	۰/۷۰	۲/۲۰	۰/۸۰	۹/۵۰	۲/۲۰	۱۰	۰/۸۰	۲/۱۰	۳/۵۰	۹	۱	۱/۶۵	۱/۶۵	۳/۵۰	۰/۸۰	۹	۰/۷۰	۲/۲۰	۹/۵۰	۲/۲۰	۱۰	۳/۵۰	۹	۱/۶۵	۱/۶۵	۱/۶۵
۳۴	۱/۱۰	۹	۰/۹۰	۲/۸۰	۰/۸۰	۳/۸۰	۲/۸۰	۱۱	۰/۸۲	۳	۸	۹	۱/۱۰	۱۱/۳۰	۱/۹۰	۱۱/۳۰	۰/۸۲	۹	۰/۹۰	۲/۸۰	۳/۸۰	۲/۸۰	۱۱	۳	۸	۱۱/۳۰	۱/۹۰	۱/۹۰
۳۵	۰/۸۰	۱۰	۰/۵۰	۲/۳۰	۰/۶۰	۵	۲/۵۶	۵	۰/۶۰	۱/۹۰	۸	۱۰	۰/۸۰	۱۰/۷۰	۲	۱۰/۷۰	۰/۶۰	۱۰	۰/۵۰	۲/۳۰	۵	۲/۵۶	۵	۱۰/۷۰	۲	۱۰/۷۰	۲	۱/۹۰
۳۶	۰/۸۰	۲۴	۰/۵۵	۱/۷۵	۰/۸۳	۱۳	۱/۰۵	۴/۷۰	۱/۳۰	۱/۸۵	۶/۲۰	۲۴	۰/۸۰	۱۰	۲/۷۰	۱۰	۱/۸۵	۶/۲۰	۰/۵۵	۱/۷۵	۱۳	۱/۰۵	۴/۷۰	۶/۲۰	۲۴	۱۰	۲/۷۰	۲/۷۰
۳۷	۰/۸۰	۱۳/۸	۰/۴۵	۱/۴۰	۰/۷۰	۳/۷	۱/۴۰	۴/۸۰	۰/۷۰	۱/۱۵	۶	۱۳/۸	۰/۸۰	۸	۱/۹۵	۸	۰/۷۰	۱۳/۸	۰/۴۵	۱/۴۰	۳/۷	۱/۴۰	۴/۸۰	۶	۱/۱۵	۸	۱/۹۵	۱/۹۵
۳۸	۰/۸۰	۱۱	۰/۹۰	۲/۱۵	۱	۶	۱/۹۰	۴/۵۰	۱	۲/۷۵	۵/۸۵	۱۱	۰/۸۰	۸/۵	۲	۸/۵	۱	۱۱	۰/۹۰	۲/۱۵	۶	۱/۹۰	۴/۵۰	۵/۸۵	۱۱	۸/۵	۲	۲

جدول ۵: نوع تخریب سازه‌ها در بندهای مختلف (شماره ردیف‌های ارایه نشده بندهای سالم بوده‌اند*)

شماره بند	لغزش	واژگونی	پایپینگ	آبستگی	عدم تحمل پی	مصلح نامناسب	اجرای بد
۱	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	-
۵	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	نصب دریچه انحراف بیش از نیاز
۶	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	نصب دریچه انحراف بیش از نیاز
۹	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	نصب دریچه انحراف بیش از نیاز
۱۱	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	نصب دریچه انحراف بیش از نیاز
۱۳	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	عدم نظارت بر اجرا
۱۷	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	-
۱۸	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	-
۲۰	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	-
۲۴	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	-
۲۶	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	عدم نظارت بر اجرا
۲۷	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	عدم نظارت بر اجرا
۳۰	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	-
۳۱	-	-	-	-	-	-	-
۳۲	-	-	-	پشت دیواره نگهدارنده	-	-	-



آبستگی در بزرگ‌ترین بند حوزه در اثر اجرای نامناسب



فرار آب از زیر دستک بند



دریچه انحراف که باعث فرار آب و در نهایت تخریب دیواره سازه خواهد شد.

جدول ۶: داده‌ها و محاسبات تحلیل سازه تپیک حوزه بودجان در رابطه با لغزش، واژگونی، پاپینگ و نشست

n	Q	I	L	Lg	H	d90	d10	fb	Hs					
ضریب زبری آبراهه	دبی m^3/sec	شیب آبراهه (m/m)	عرض آبراهه (m)	عرض سرریز (m)	ارتفاع سازه (m)	$d_{90}(mm)$	$d_{10}(mm)$	ارتفاع آزاد (m)	ارتفاع رسوبات (m)					
۰,۰۳۳	۰,۸۹۰	۰,۰۳۰	۱۳,۳۰۰	۷,۸۰۰	۱,۴۵۰	۹,۲۰۰	۰,۲۳۰	۰,۶۷۰	۰,۰۶۰					
q	Dd	V	Vc	q	Yc	Y	Du	ys	Rd	Ru	Ld	Lu	X	
دبی واحد عرض	عمق جریان در پایین دست (m)	سرعت جریان در آبراهه (m/sec)	سرعت بحرانی جریان در آبراهه (m/sec)	دبی در واحد عرض سرریز $m^3/sec/m$	عمق بحرانی روی سرریز (m)	عمق جریان ابتدای روی سرریز (m)	عمق جریان در بالا دست سرریز (m)	ارتفاع تاج سرریز (m)	عمق آبشویی پایین دست (m)	عمق آبشویی بالا دست (m)	طول عملیات حفاظتی در پایین دست (m)	طول عملیات حفاظتی در بالا دست (m)	طول کف بند (m)	
۰,۰۶۷	۰,۰۷۳	۰,۹۱۷	۰,۸۲۸	۰,۱۱۴	۰,۱۱۰	۰,۰۹۳	۱,۵۴۳	۰,۷۶۳	۰,۴۷۱	۰,۴۰۰	۰,۵۹۶	۱,۷۱۴-	۰,۵۳۵	
V_0	Y_1	V_1	F_1	Y_2										
سرعت آب در بالادست	عمق جریان در ابتدای پرش (m)	سرعت ابتدای پرش	عدد فروید در ابتدای پرش	عمق جریان در انتهای پرش (m)										
۰,۰۵	۰,۰۷	۰,۹۶	۱,۳۹	۰,۱۴										

انتهایی دیواره شد و درصد تخریب این عامل ۳۴ درصد است. عامل دوم، اجرای بد، یا ناشی از اجرای بد سازه بوده که با عدم نظارت بر پیمانکار و عدم استفاده صحیح از مصالح ساختمانی بوده و همچنین با احداث دریچه بزرگ انحراف آب بدون استفاده از روش‌های حفاظتی و عبور دبی بیش از نیاز، آبشستگی و زیرشویی را به وجود آورده است. درصد تخریب این عامل ۱۷ درصد است.

دو عامل آبشستگی و اجرای بد سازه عوامل تخریب اولیه سازه بوده‌اند. همان‌طور که گفته شد در صورتی که بندها اصلاح نگردند به مرور تخریب سازه به وجود خواهد آمد. همچنین تحلیل یکی از سازه‌های تپیک طرح نشان داد که پدیده‌های لغزش، واژگونی و پاپینگ بر اساس حداکثر دبی مشاهده شده در سازه‌ها وجود نداشته و فقط احتمال نشست سازه در بستر وجود دارد که شاید ناشی از وزن سازه به لحاظ طراحی دست بالای (over design) آن است. از آنجا که کلیه این سازه‌ها بعد از سال ۱۳۸۶ در رودخانه احداث گردیده‌اند و در طی این پنج سال تنها در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۰ حداکثر

هر نقطه از پی نباید کوچکتر از صفر باشد و مقدار σ_{Min} منفی می‌باشد، احتمال نشست سازه در این بستر وجود دارد. علت اصلی وجود نشست در این سازه می‌تواند در محاسبات اولیه و طراحی بیشتر از نیاز (over design) بودن آن می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

در رابطه با پایداری سازه‌ها از هفت نوع تخریبی که سازه را تهدید می‌کند، در حوضه مورد مطالعه تنها دو نوع تخریب شامل آبشستگی و اجرای بد سازه دیده شد. تخریب‌های ایجاد شده گرچه در شرایط فعلی خطری را متوجه سازه نمی‌کنند، ولی در دراز مدت در صورتی که بازسازی‌های لازم بر روی سازه صورت نگیرد احتمال تخریب و ناکارآمد شدن سازه وجود دارد. آبشستگی بیشتر در اثر نشت آب از فضای بین سنگ و ملات‌ها به وجود آمده بود و پس از جاری شدن آب در سطح زمین یا شستشوی خاک به پشت دیواره نگهدارنده رسیده و با تمرکز آب و حفر خاک منجر به زیرشویی در قسمت

- 1-Abdali, R. (2011). Investigation of structures sustainability in watershed basin (Case study: Kosar basin of Andimashk). Master thesis of Soil Science, Islamic Azad University, Khuzestan Science and Research Branch, 173pp.
 - 2-Ahmadi, H. Nazari Samani, A.A. Ghodoosi, J. and Ekhtesasi, M.R. (2004). A model for evaluation of watershed management projects. Iranian J.Natural Res., 56(4), 337-351.
 - 3-Agha Majidi, R. and Beygipoor. Q.H. (2009). Investigating the Biomechanical Performance of the Basin on Hydrological Flood Sediment (Case Study: Golab Darreh and Darband). National Conference on Water Crisis Management, Islamic Azad University, Marvdasht Branch, Marvdasht, Iran, pp1-14.
 - 4-Alastair, M. and Shelley, M. (2005). Assessing the effectiveness of enhancement activities in urban streams: I. Habitat responses, River Research and Applications, 21 (4), 381-401.
 - 5-Doty, R.D. (1971). Contour trenching effects on streamflow from a Utah watershed. USDA. Forest Service Res. Paper INT.98. Int. Forest and Range Exp. Sta.350 pp.
 - 6-Eldarmi, A.R. Noori, H. and Fatahi, B. (2006). Evaluating the effect of watershed management on reducing erosion and sediment in Mangavand Qoli Kanndi Basins of Hamedan. First Regional Conference on Water Resources Utilization in Karoon and Zayandeh Rood Basins (Opportunities and Challenges). Shahrekord University, Iran, pp 1-5.
 - 7-Ghafari, G. Ahmadi, H. Bahmani, A. and Nazari Samani, A.A. (2015). Assessment of the effect of watershed design on erosion and sedimentation of Kan watershed basin. Range and Watershed Journal, Iranian Natural Resources Journal, 3, 607-624.
 - 8-Mohamady golrang, B. (2003). The final report of the research project on the evaluation of the watershed management results in Lar dam watershed. Soil Conservation and Watershed
- دبی لحظه‌ای سیلاب به مقدار ۱۶/۲۵ متر مکعب بر ثانیه به وقوع پیوسته که حتی بالاترین مقدار دبی لحظه‌ای در ده سال و اتفاقاً معادل دبی سیلاب با دوره برگشت ده ساله ایستگاه هیدرومتری همگین بوده است، لذا می‌توان نتیجه گرفت که بر اساس این آمار سازه‌های احداث شده در رودخانه، دبی با دوره برگشت ده ساله را تجربه کرده است. به سبب افت دبی در بندهای پی در پی احداث شده، توان تخریبی سیل کاهش یافته، همچنین دبی طراحی با دوره برگشت ۲۵ سال هنوز به وقوع نپیوسته که بتوان ارزیابی کامل‌تری را انجام داد. بنابراین نمی‌توان در مورد پایدار بودن سازه‌ها به علت به وقوع نپیوستن سیلاب‌های با دوره برگشت بالاتر از ده سال نظر داد. چنانچه دبی ویژه حوضه همگین را به حوضه مورد مطالعه تعمیم داده و ضریب ۱/۱ بارندگی بیشتر حوضه مورد مطالعه به حوضه همگین را دخالت داد، حداکثر دبی لحظه‌ای در سال ۱۳۹۰-۱۳۹۱ معادل ۲۰/۸ متر مکعب بر ثانیه برای حوضه مورد مطالعه به دست می‌آید که با دوره برگشت ۱۵ سال همگین تطبیق می‌کند که کمتر از دبی طراحی سازه‌ها می‌باشد.
- بیشترین عامل خسارت به سازه‌ها که در حال حاضر تهدید برای تخریب آن‌ها نمی‌باشد، اما در آینده چنانچه نسبت به اصلاح و ترمیم آن‌ها اقدام نشود، در طولانی مدت عامل تخریب سازه خواهند بود. این پدیده بیشتر ناشی از طراحی غلط مانند طراحی دریاچه انحراف آب بیش از ظرفیت نهر پایین دست و یا اجرای بد سازه‌ها در غیاب نظارت اصولی در زمان اجرای بعضی از آن‌ها بوده است.
- هرچند دستک‌ها در بیشتر سازه‌ها برای کنترل آبشستگی استفاده شوند، اما عدم نظارت بر اجرای صحیح احداث سازه‌ها که در طبقه‌بندی عامل تخریب، تحت عنوان بدی اجرای سازه طبقه‌بندی شده، آبشستگی و زیر شویی را در پایین دست‌بند در پشت دیواره نگهدارنده را باعث گردیده و به مرور می‌تواند باعث تخریب سازه شد.
- در هیچ یک از سازه‌های مورد بررسی پدیده‌های لغزش، واژگونی و پاپینگ بر اساس حداکثر دبی مشاهده شده وجود نداشته و فقط احتمال نشست سازه در بستر وجود دارد که می‌تواند ناشی از وزن سازه به لحاظ over design بودن آن باشد. نتایج این تحقیق مبنی بر ناکارآمد بودن سازه‌ها با مطالعات غفاری و همکاران [۷]، احمدی و همکاران [۲]، آقا مجیدی و بیگی‌پور [۳]، Alastair and Shelley [۴] و Rey [۱۱] مطابقت دارد.
- به طور کلی علت اصلی تخریب سازه‌ها در حوضه مورد مطالعه نشست آب از دستک‌ها و تخریب خاک در جهت شیب بوده که در ادامه با تمرکز آب و حرکت آن به پشت دیواره بند باعث زیرشویی شده است و می‌تواند ناشی از طراحی غلط و عدم نظارت کافی در اجرا بوده باشد. بنابراین لازم است نظارت بیشتری در اجرای چنین پروژه‌هایی صورت پذیرد.

12-Satterland J.B. (1962). Soil Conservation Service–Engineering field manual for conservation practices. 100pp.

13-Weaver, R.J. and Kuthy, R.A. (1975). Filed evaluation of a recharge basin, New York state department of transportation, engineering research and development. Research report 26.

Management Department, 148pp.

9-Noble, E.L. (1963). Sediment Reduction through watershed rehabilitation. Interagency Sedimentation Conf. 29. P.U.S. Forest and Game. 31 pp.

10-Organization of forests, range and watershed management, (2008). Principles of designing erosion control structures in rivers and stream. Deputy Head of Strategic Supervision of the Office of the Technical and Executive Director of the President, Journal No. 417.

11-Rey, F. (2004). The role of passive protection played by vegetation and Bioengineering works: an efficient and optimal mean for soil conservation, 13th International Soil Conservation Organization Conference – Brisbane.



Abstract

Assessment of Mechanical Structures Sustainability in Boodejan CatchmentF. Heidari¹, R. Saboohi^{*2}, and M. Matin³

Received: 2018/04/21 Accepted: 2018/07/14

Nowadays, the status of water and soil resources is in a critical situation due to its excessive uses. Watershed management practices has been implemented in the field of natural resources to control and combat of these risks that are expected to provide the required performance for the expected time in the project. This research was done in Boodejan basin in Dehaghan of Esfahan province and its purpose was to assess the mechanical stability of structures were constructed at selected river basins. At first, field visits were conducted in the region and the structural characteristics and damages caused by them were registered and the relation between runoff and flood of basin were assessed with different returns period. Based on this evaluation, there were no degradation in two Lace-rock dams and scouring and the poor enforcement structures have been the demolition factors of structures in 39 stone and mortar dams with 34% and 17%, respectively. Due to the low lifetime of the structures, the signs of damage observed in them indicate the beginning of the destruction. If they are not repaired, they will face the problem in the future. In addition, the analysis the one of the topic structures showed that sliding, overturning and piping phenomena have not been observed based on maximum discharge and there was only possible the structural over stressing in the bed that may be due to its weight for over design.

Keywords: Flood control, Stability of structures, Boodejan basin

2. PhD student of Watershed Management Science, University of Hormozgan, Iran

2. PhD student of Watershed Management Science, University of Hormozgan, Iran

2. PhD student of Watershed Management Science, University of Hormozgan, Iran