نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۱، ص. ۱۰۴۱-۱۰۳۲

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.4, Sept.-Oct. 2012, p. 1032-1041

بررسی تاثیر محیط متخلخل بر انحراف آب در آبگیر زیر سطحی رودخانه با دیوار آب‌بند

رضا رستمی جونقانی[۱*]- کاظم اسماعیلی[۲]- علی‌نقی ضیائی[۳]- حسین انصاری[۴]- سعیدرضا خداشناس[۵]

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۲۵
تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۱

چکیده

رودخانه‌های مناطق خشک و نیمه خشک معمولا به صورت فصلی بوده یا دارای جریان پایه کم می‌باشند لذا بهره‌برداری از جریان‌های زیر سطحی از جمله مواردی است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از آبگیر کفی با محیط متخلخل و ساخت سدهای زیرزمینی در این راستا صورت گرفته است. مشکلات حاصل از گرفتگی محیط متخلخل در آبگیر کفی و اثرات مخرب سدهای زیرزمینی بر پایین دست رودخانه، استفاده از یک سیستم آبگیر بنام آبگیر زیرسطحی با ایجاد شبکه زهکشی در بستر رودخانه را توجیه نموده است. نمونه‌هایی از این نوع آبگیر اجرا شده است، لیکن این طرح‌ها فاقد اصول طراحی برمبنای نتایج علمی می‌باشد. از این رو برای روشن نمودن تاثیر عوامل مختلف بر میزان دریافت آب توسط محیط متخلخل، آزمایشاتی در یک مدل آزمایشگاهی صورت گرفته است که درآن با تغییر عوامل موثر از جمله اندازه ذرات محیط متخلخل به ازای بارهای آبی مختلف جریان زهکشی شده مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد با افزایش بار آبی دبی انحراف در ابتدا روند افزایشی داشته اما به نظر می‌رسد در بارهای آبی بالا به مقدار ثابتی می‌رسد. اندازه ذرات محیط متخلخل نیز بر میزان دبی انحراف تاثیر قابل ملاحظه‌ای دارد چنانکه با ریز شدن اندازه ذرات، میزان جریان انحرافی ۱۵ تا ۶۰ درصد کاهش می‌یابد. این تغییر مبین پایین آمدن کارآیی آبگیر در اثر رسوب‌گذاری در بین محیط متخلخل بوده و لذا تغییر محیط متخلخل را ضروری می‌نماید . همچنین با آنالیز ابعادی رابطه‌ای برای برآورد جریان انحرافی از آبگیر زیرسطحی تحت تاثیر پارامترهای عمق کارگذاری، فاصله بین زهکش‌ها و هدایت هیدرولیکی محیط متخلخل بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: آبگیر کفی، رودخانه با جریان پایه کم، محیط متخلخل، سیستم زهکشی

مقدمه

آبگیری از رودخانه همواره از مسائل مهم مطروحه درزمینه مهندسی سازه‌های آبی بوده است. چنانکه طرح یک سازه آبگیر در رودخانه طبیعی هنوز نیز امری مهم به شمار می‌رود. یکی از نکات مهم در طراحی آبگیر، تناسب آبگیر با شرایط اقلیمی و رژیم جریان رودخانه می‌باشد. آب منحرف شده از آبگیر، باید دارای حداکثر بده جریان و حداقل بده رسوب باشد، زیرا ورود رسوب به آبگیر و در نتیجه شبکه انتقال منجر به کاهش بازده آبگیری و کاهش عمر سازه می‌گردد (۵). روش‌های استحصال و ذخیره آب بوسیله مهار آب‌های زیرسطحی در مناطق خشک دارای هزاران سال قدمت است. در چند دهه اخیر این روش‌ها در بسیاری از نقاط جهان مورد توجه قرار گرفته است. کم آبی، رسوب‌گذاری و هزینه زیاد طرح‌های آبگیری با بند انحرافی یا آبگیر جانبی را برای رودخانه‌های فصلی و مسیل‌ها نامناسب می‌نماید لذا در این مناطق روش‌های ایجاد آبگیر کفی با محیط متخلخل یا بکارگیری سدهای زیرزمینی به صورت موانعی در زیر سطح رودخانه برای مهار جریان‌های آب زیرسطحی توجیه پذیر می‌گردد (۴). لایگذاری در بستر رودخانه و کاهش هدایت هیدرولیکی می‌تواند مشکلاتی را در استفاده از این سدها بوجود آورد. علاوه براین استفاده از سد زیرزمینی نیز بعلت ایجاد مانع در مسیر جریان زیرسطحی می‌تواند باعث مشکلاتی در پایین‌دست رودخانه گردد.

مطالعات شالشلی در خصوص لایگذاری در بستر رودخانه و محیط‌های متخلخل نشان می‌دهد که کاهش هدایت هیدرولیکی اساسا به تنش برشی بی‌بعد جریان، غلظت بار معلق، گرادیان هیدرولیکی بین رودخانه و آب زیرزمینی وتوزیع دانه‌بندی بستر رودخانه بستگی دارد. برای یک بستر مشخص، متغیرهای فیزیکی همچون شرایط جریان، بار معلق، توزیع دانه‌بندی و شکل ذرات معلق، گرادیان هیدرولیکی جریان نشتی و جهت آن می‌تواند تاثیر عمده‌ای بر گرفتگی بگذارد (۱۰ و ۱۵). مطالعات نشان می‌دهد که فرایند

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیاران و دانشیاران گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rrostami1363@yahoo.com)

لایگذاری در محیط متخلخل توسط سه فاکتور اصلی کنترل می‌شود. این سه فاکتور عبارتند از نسبت اندازه ذرات رسوب و شن، غلظت رسوبات و سرعت جریان نشت (۸، ۱۱ و ۱۴). نسبت اندازه مصالح محیط متخلخل درشت‌دانه به رسوبات می‌تواند توسط یک پارامتر ساده به نام نسبت اندازه ذرات R_S به صورت زیر تعریف شود (۱۶ و ۱۷).

$$R_S=\frac{(D_{85})_{Gr}}{(d_{85})_{Sed}} \quad (۱)$$

که درآن $(D_{15})_{Gr}$ و $(d_{85})_{sed}$ به ترتیب قطر الکی است که ۱۵و ۸۵ درصد دانه‌بندی محیط متخلخل و رسوبات از آن ریزترند. گرفتگی بسترهای نفوذپذیر توسط ذرات خارجی می‌تواند ظرفیت زهکشی و ذخیره آنها را شدیدا کاهش داده و نفوذ رواناب سطحی به داخل بستر یا لایه نفوذپذیر را با مشکل مواجه سازد (۹ و ۱۲).

نتایج تحقیقات نقوی و همکاران (۷) به منظور بررسی رسوب‌گرفتگی و کاهش گذردهی آبگیر کفی نشان داد تاثیر گرفتگی ناشی از رسوبات در جریان رسوبدار با افزایش شیب سطح محیط متخلخل کاهش یافته و ضریب گذردهی جریان افزایش می‌یابد. نتایج آزمایشات کوروش وحید و همکاران (۳) بر روی آبگیر کفی با محیط متخلخل نشان داد با افزایش جریان ورودی میزان جریان انحراف در ابتدا افزایش و سپس به یک مقدار ثابتی می‌رسد، همچنین با افزایش اندازه ذرات محیط متخلخل میزان جریان انحرافی افزایش می‌یابد. طبق مطالعات لپس (۱۳) کوچکتر شدن اندازه مصالح در یک محیط متخلخل باعث افزایش مقاومت در برابر جریان و افزایش مقاومت اصطکاکی، کاهش سرعت سیال و بالا رفتن پروفیل سطح آب در محیط می‌شود.

برای کاهش مشکلات آبگیری از رودخانه‌های فصلی و مسیل‌ها روش آبگیری زیر سطحی با استفاده از سیستم زهکشی پیشنهاد گردیده است. در این روش، ترانشه‌ای در بستر رودخانه ساخته می‌شود و برای جلوگیری از فرار آب، بستر آن ایزوله می‌شود. لوله‌های زهکش در عمق مناسبی از ترانشه ایجاد شده جاگذاری می‌گردند و اطراف آنها با مواد رودخانه‌ای که نفوذپذیری بالایی دارند پوشیده می‌شود. برای جلوگیری از کم شدن ضریب نفوذ پذیری محیط زهکش و افزایش عمر سازه، فیلتر را که عموما از مصالح ریزدانه می‌باشد اطراف محیط زهکش اجرا می‌نمایند تا از ورود رسوبات ریزدانه جلوگیری نماید. به منظور طولانی نمودن خطوط جریان و ایجاد فرصت مناسب جهت وارد شدن آب به لوله‌های زهکش یک دیوار بتنی آب‌بند در مقطع عرضی رودخانه و در انتهای ترانشه ایجاد می‌گردد. جریان آب‌های سطحی و زیرسطحی پس از برخورد با دیوار آب‌بند در محل سازه آبگیر انباشته شده و از طریق لوله‌های زهکش وارد لوله‌های جمع کننده و سپس وارد حوضچه جمع‌کننده می‌گردد. از عمده مزایایی که این سیستم آبگیری نسبت به روش‌های دیگر دارا می‌باشد می‌توان به کارایی بالای آن در پتانسیل آبی کم رودخانه‌های فصلی اشاره کرد، عدم نیاز به اپراتور و نگهداری در دوره بهره‌برداری، قابلیت کنترل میزان برداشت آب، عدم تاثیرپذیری در اثر سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف، سهولت وسرعت اجرا، هزینه بسیار پائین احداث آن در مقایسه با سازه‌های آبگیر مشابه اشاره نمود. از معایب این سازه می‌توان به عدم کنترل و مهار سیلاب‌ها، کاهش عملکرد سازه با افزایش عمر و رسوب‌گذاری در مسیر لوله‌ها است (۱و ۶).

با توجه به اینکه در زمینه آبگیری زیرسطحی با شبکه زهکشی زیرزمینی تحقیقاتی صورت نگرفته و تنها چند پروژه از این روش در چند نقطه از استان خراسان رضوی اجرا گردیده و این پروژه‌ها از پایه علمی مناسبی برخوردار نبوده به همین جهت به منظور تعیین روابطی جهت طراحی این‌گونه سازه‌ها آزمایشات لازم صورت گرفته و معادلاتی برای تبیین ارتباط بین پارامترهای موثر بر میزان جریان انحرافی ارائه گردیده است.

مواد و روش‌ها

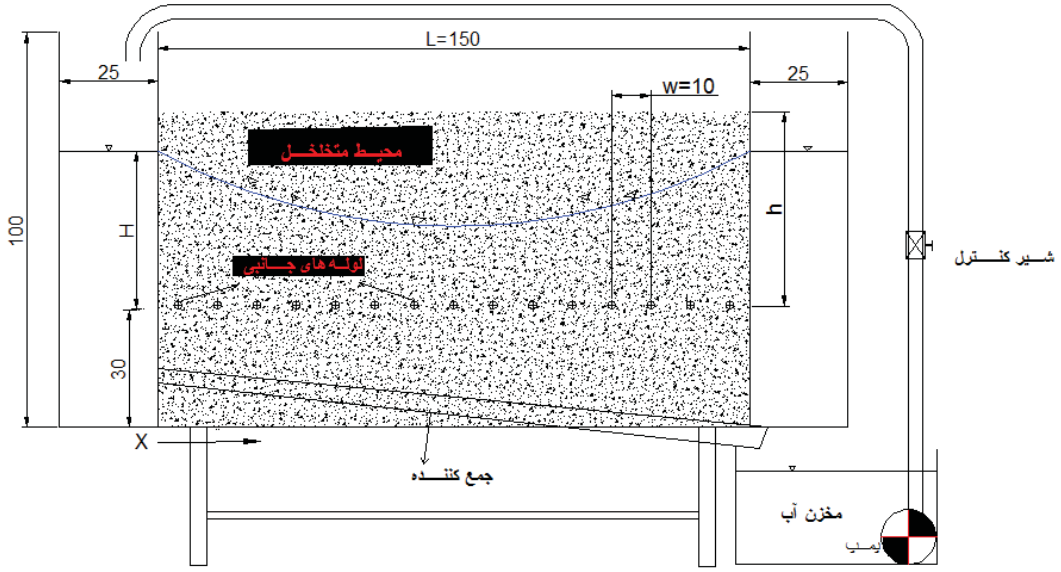
جهت انجام آزمایشات مدلی از سازه آبگیر زیرسطحی از ورق گالوانیزه با ضخامت ۲ میلی‌متر و به ابعاد ۱×۱×۲ (ارتفاع× عرض× طول) درآزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد ساخته شد. به منظور ایجاد جریان زیرسطحی، از دو طرف مدل به اندازه ۲۵ سانتی‌متر جدا گردید. سپس با ورق گالوانیزه مشبک با قطر روزنه‌های ۲ میلی‌متر دیواره جدیدی ایجاد گردید تا جریان از این صفحه به راحتی عبور نماید. همچنین به منظور جلوگیری از شسته شدن ذرات محیط متخلخل از یک گونی نخی سه لایه به گونه‌ای که در برابر جریان ورودی مقاومتی ایجاد نکند استفاده شده است (۶). بر روی بدنه مدل و در یک طرف آن در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری از کف سوراخ‌هایی به قطر ۱۴میلی‌متر و فاصله ۱۰ سانتی‌متر و به تعداد ۱۵ عدد به منظور عبور لوله‌های جانبی و اتصالات مربوطه ایجاد گردید. جهت برداشت تراز سطح آب در محیط متخلخل ۱۳ عدد پیزومتر به کف مدل (فاصله ۱۰ سانتی‌متر، قطر ۱۰ میلی‌متر) متصل شد. به منظور کنترل سطح آب در بالادست و پائین دست محیط متخلخل از دو لوله در ابتدا و انتهای مدل استفاده شده که با تغییر تراز ورودی لوله‌ها، تراز سطح آب نیز تغییر می‌نماید. برای جمع‌آوری آب در محیط متخلخل از لوله‌های PVC پنج لایه ۱۶ میلی‌متری استفاده گردید. سطح لوله‌ها بر اساس استانداردهای موجود به اندازه سه درصد مساحت روی لوله در واحد طول، سوراخ (قطر ۲میلی‌متر) گردیده است. به منظور هدایت لوله‌ها از داخل مخزن به بیرون و آب‌بندی سوراخ‌های ایجاد شده از بست‌های لاستیکی مورد استفاده در آبیاری موضعی و چسب آکواریوم استفاده گردید. جهت قطع و وصل جریان

عبوری از لوله‌ها از شیرهای پلاستیکی ۱۶ میلی‌متری استفاده شده است. برای ممانعت از ورود ذرات ریز به داخل لوله‌ها از پشم شیشه به عنوان پوشش روی لوله‌ها استفاده گردید. جهت تامین جریان ورودی دائمی به مدل مورد نظر برای انجام آزمایشات از یک ناودونی گالوانیزه و یک مخزن به منظور جمع‌آوری جریان‌های انحرافی در پائین‌دست مدل و نیز یک دستگاه پمپ کف‌کش با حداکثر دبی پمپاژ ۱/۵۵ لیتر بر ثانیه استفاده گردید. در تمامی آزمایشات، مدل دارای شیب کف و شیب لوله‌های زهکش ۱ درصد بوده است.

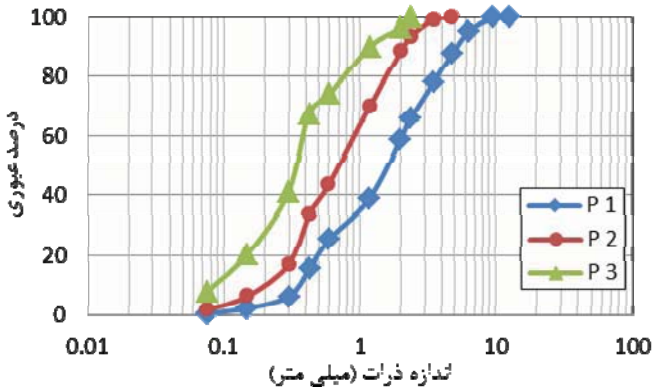
به منظور انجام آزمایشات از سه نوع مصالح رودخانه‌ای P1، P2 و P3 با قطر متوسط ۱/۵، ۰/۷ و ۰/۳۲ میلی‌متر و هدایت هیدرولیکی به ترتیب ۶۰/۴۸ ، ۱۲/۱ و ۶/۱ متر بر روز استفاده گردید. منحنی دانه‌بندی مصالح استفاده شده در شکل ۲ نشان داده شده است. در انجام آزمایشات از چهار بار آبی ثابت ۰/۷، ۰/۵، ۰/۳ و ۰/۱ متر روی لوله‌های زهکش استفاده گردید و میزان جریان انحرافی از لوله‌ها اندازه‌گیری شد.

تحلیل ابعادی

روابط حاکم بر بسیاری از پدیده‌های هیدرولیکی را نمی‌توان مستقیما از قوانین حاکم بر حرکت سیالات وتئوری‌های موجود نظیر قوانین بقای جرم، انرژی و ممنتم به دست آورد. درچنین مواردی برای استخراج رابطه ریاضی حاکم برچنین پدیده‌هایی، ابتدا کلیه متغیرهای موثر بر پدیده را فهرست نموده، سپس به روش آنالیز ابعادی گروه‌های بدون بعد موثر تعیین و تغییرات آنها از طریق نتایج آزمایشگاهی مورد بررسی قرار خواهد گرفت (۲). دراین پژوهش روش Π باکینگهام برای تحلیل ابعادی بین متغیرهای موثر برسیستم آبگیری زیر سطحی مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱- نمای کلی از مدل فیزیکی آبگیر زیر سطحی (کلیه اعداد بر حسب سانتی‌متر)



شکل ۲- منحنی دانه‌بندی مصالح استفاده شده

با صرف‌نظر کردن از اثرات مربوط به کشش سطحی و تراکم‌پذیری مایع، قانون فیزیکی حاکم بر جریان انحرافی در طول آبگیر زیرسطحی با محیط متخلخل، به شکل زیردر می‌آید:

$$f\left(\rho,\mu,g,K,H,L,w,x,q,G\right)=0 \qquad (۲)$$

در رابطه ۲، ρ چگالی آب، g شتاب جاذبه، K هدایت هیدرولیکی محیط متخلخل، H بار آبی روی لوله‌های جانبی، L طول آبگیر، w فاصله لوله‌های جانبی از یکدیگر، x فاصله از ابتدای آبگیر، q دبی انحرافی از هر لوله، G وابستگی مربوط به شکل و خصوصیات هندسی آبگیر می‌باشد. با انتخاب ρ، K و L به عنوان متغیرهای اصلی (تکرار شونده) گروه‌های بدون بعد بدست آمده عبارتند از:

$$f\left(\frac{q}{KL^2},\frac{H}{L},\frac{w}{L},\frac{\rho KL}{\mu},\frac{K^2}{gL},\frac{x}{L}\right)=0 \qquad (۳)$$

در رابطه فوق $Fr^2=\frac{K^2}{gL}$ عدد فرود، $\mathrm{Re}=\frac{\rho KL}{\mu}$ عدد رینولدز (در محیط متخلخل) و $\frac{x}{L}$ طول نسبی محیط متخلخل می‌باشد . به دلیل یکسان بودن شکل آبگیر در تمامی آزمایشات عامل G از رابطه ۲ حذف شده است.

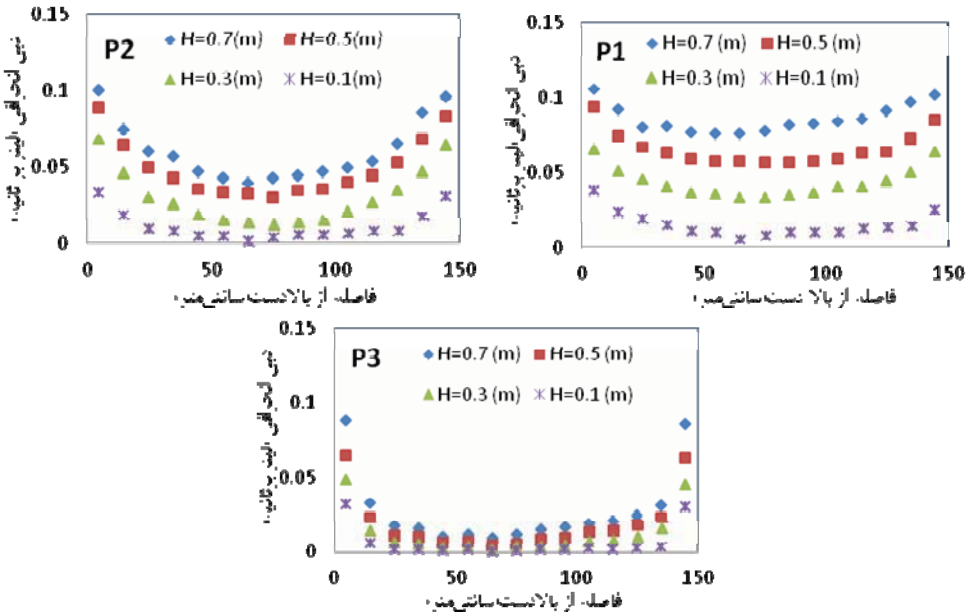
نتایج و بحث

تاثیر بارآبی بر میزان جریان انحرافی

چنانکه از شکل۳ مشاهده می‌شود با افزایش بار آبی میزان جریان انحرافی از لوله‌ها روند افزایشی دارد، اما به نظر می‌رسد به تدریج با افزایش بار آبی از روند افزایشی کاسته می‌شود ، مثلا در محیط P1 درصد افزایش دبی انحرافی لوله وسط که کمترین تاثیر را از بار آبی دو طرف دارد در بار آبی ۰/۵ متر نسبت به بار آبی ۰/۳ متر برابر ۷۱ درصد اما برای همین لوله درصد افزایش دبی در بار آبی ۰/۷ متر نسبت به بار آبی ۰/۵ متر برابر ۳۴ درصد بدست آمده است. درضمن با توجه به خالی بودن دو طرف مخزن از محیط متخلخل، وقتی سطح آب در دو طرف روی یک تراز ثابت تنظیم می‌شود لوله‌های کناری دبی بیشتری را منحرف می‌نمایند.

تاثیر اندازه ذرات برمیزان جریان انحرافی

اندازه ذرات محیط متخلخل از جمله عواملی است که نقش تعیین کننده‌ای بر میزان جریان انحرافی از آبگیر ایفا می‌کند. انتظار می‌رود با بزرگ‌تر شدن اندازه ذرات محیط متخلخل دبی انحرافی از لوله‌ها افزایش یابد. شکل۴ درصد کاهش متوسط دبی انحراف از لوله‌ها را در مصالح مختلف و برای فواصل لوله‌های متفاوت در بارهای آبی مختلف نشان می‌دهد. هر ستون بیانگر متوسط درصد کاهش دبی برای هر فاصله می‌باشد. منظور از P2,P1 درصد کاهش دبی برای هر فاصله در مصالح P2 نسبت به مصالح P1 می‌باشد.



شکل ۳- جریان انحرافی از لوله‌ها به ازای بارهای آبی مختلف در سه محیط متخلخلP1، P2 وP3

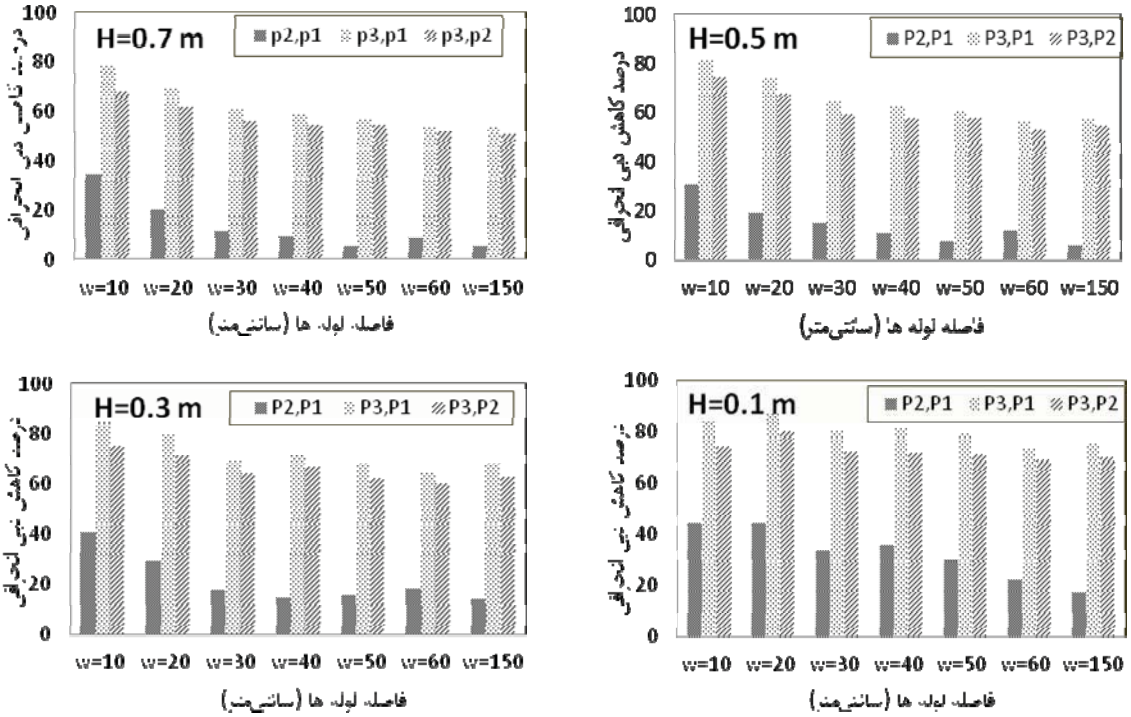
همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد با وجود اینکه نسبت d_{50} مصالح دوم به مصالح اول و d_{50} مصالح سوم نسبت به مصالح دوم تقریبا به یک اندازه است، اما درصد کاهش دبی در تمامی فواصل در مصالح دوم نسبت به مصالح اول کمتر از میزان آن در مصالح سوم نسبت به دوم می‌باشد و یک نسبت برابر بین کاهش اندازه ذرات با کاهش دبی انحرافی برقرار نمی‌باشد. بطوری که با کاهش بار آبی درصد کاهش دبی انحرافی در مصالح مختلف برای فواصل یکسان افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش فاصله لوله‌ها از این میزان کاسته می‌شود. این نتایج حاکی از تاثیر هدایت هیدرولیکی محیط متخلخل بر خروجی زهکش‌ها می‌باشد. با کاهش ۵۰ درصدی هدایت هیدرولیکی بین محیط متخلخل اول و دوم، دبی بطور متوسط ۱۵ درصد کاهش یافته است. ولی با کاهش ۵۰ درصدی بعدی هدایت هیدرولیکی، درصد افت دبی به طور متوسط به ۶۰ درصد رسیده است و تفاوت زیادی بین مصالح دوم و سوم مشاهده نمی‌شود. این امر مبین تاثیرپذیری آبگیری در اثر ریز شدن مصالح بستر با رسوب‌گذاری بین ذرات درشت‌دانه محیط متخلخل بوده و نشان می‌دهد که با ریزشدن تدریجی محیط متخلخل کارایی سیستم زهکشی به شدت کاهش یافته و تغییر محیط متخلخل ضروری می‌گردد.

مدل ریاضی پیشنهادی برای برآورد جریان انحرافی

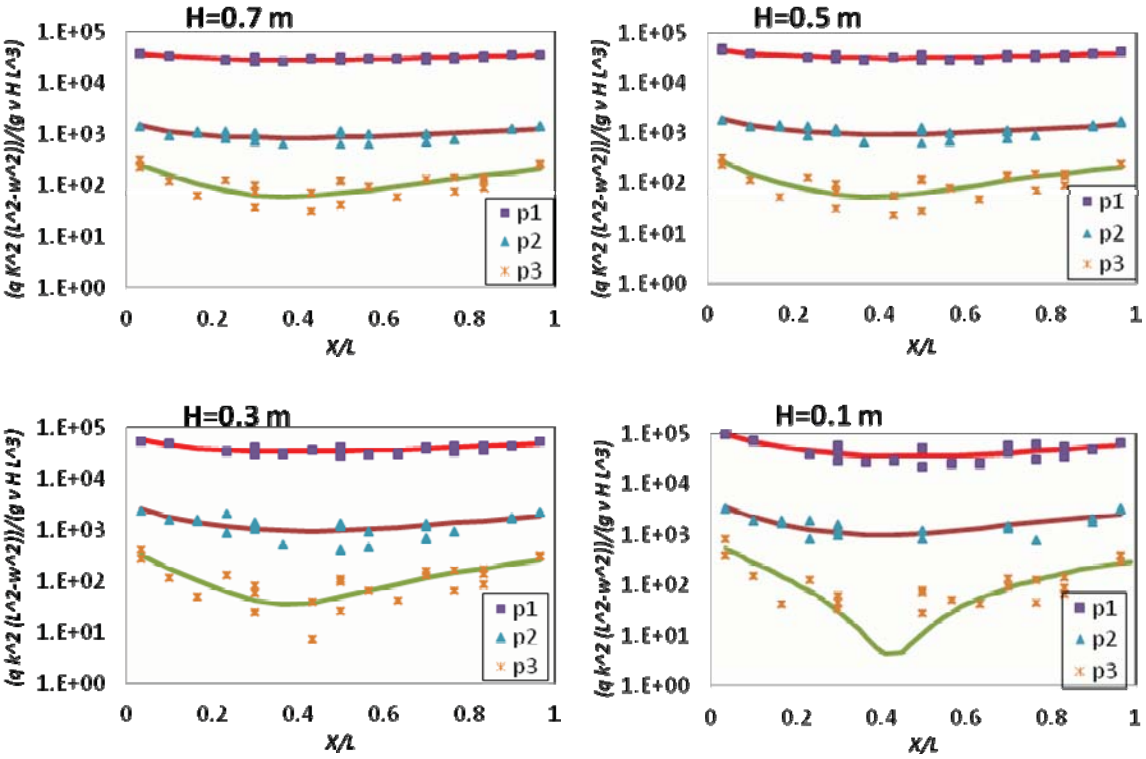
ترکیب پارامترهای بی بعد در رابطه ۳ منتهی به رابطه ۴ گردید.

$$\frac{qK^2\left(L^2-w^2\right)}{gH\upsilon L^3}=f\left(\frac{x}{L}\right) \qquad (۴)$$

پارامترهای بی بعد فوق برای بارهای آبی ثابت ۰/۱، ۰/۳،۰/۵ و ۰/۷ متر از سطح لوله‌های جانبی و مصالح P1، P2 و P3 و فواصل لوله‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۱۵۰ سانتی‌متر و تمامی لوله‌های جانبی بدست می‌آید. سپس ۷۰ درصد داده‌ها را در نرم افزار Data fit وارد نموده و بهترین و ساده‌ترین منحنی بر روی این مقادیر برازش داده می‌شود. میزان دبی انحرافی از لوله‌ها بر اساس منحنی برازش داده شده بدست آمده و برای ۳۰ درصد بقیه داده‌ها مقایسه صورت می‌گیرد. شکل۵ منحنی‌های برازش داده شده بین پارامترهای بی بعد $\frac{qK^2\left(L^2-w^2\right)}{gH\upsilon L^3}$ و $\frac{x}{L}$ برای بارهای آبی و مصالح مختلف را برای ۷۰ درصد داده‌ها بر اساس خروجی نرم افزارData fit نشان می‌دهد .



شکل ٤- درصد کاهش دبی انحرافی به ازای مصالح مختلف



شکل۵- منحنی‌های برازش داده شده با نرم افزار Data fit

جدول ۱- ضرایب معادله۵، استفاده شده در منحنی‌های شکل۵

H(m) هد آب	نوع مصالح	a	b	c	R^2
۰/۱	P1	۱۴۷۵۵۲/۲	۲۴۱۳۶۲/۵	-۳۲۹۸۱۷/۸	۰/۷۰
	P2	۵۷۹۹/۰	۱۲۲۱۹/۷	-۱۵۳۸۲/۱	۰/۷۲
	P3	۱۰۲۶/۷	۲۴۰۰/۱	-۳۱۳۳/۸	۰/۷۳
۰/۳	P1	۷۶۲۳۱/۱	۱۰۷۲۶۶/۶	-۱۳۶۰۱۹/۲	۰/۶۷
	P2	۳۹۸۴/۳	۷۳۴۷/۳	-۹۴۹۲/۷	۰/۵۴
	P3	۶۱۹/۴	۱۵۵۷/۹	-۱۹۱۰	۰/۷۸
۰/۵	P1	۶۰۴۴۷/۵	۷۱۱۵۰/۳	-۹۲۵۱۳/۶	۰/۷۶
	P2	۲۷۸۲/۳	۴۴۴۸/۸	-۵۷۳۶/۷	۰/۵۷
	P3	۴۷۷/۴	۱۱۲۵	-۱۳۸۲/۲	۰/۷۳
۰/۷	P1	۴۷۱۵۳/۲	۴۹۰۶۵/۴	-۶۰۸۹۷/۴	۰/۸۱
	P2	۲۰۷۱/۹	۳۲۰۵/۴	-۳۹۷۷/۸	۰/۴۶
	P3	۴۵۴/۵	۱۰۵۵/۶	-۱۲۹۲/۷	۰/۷۱

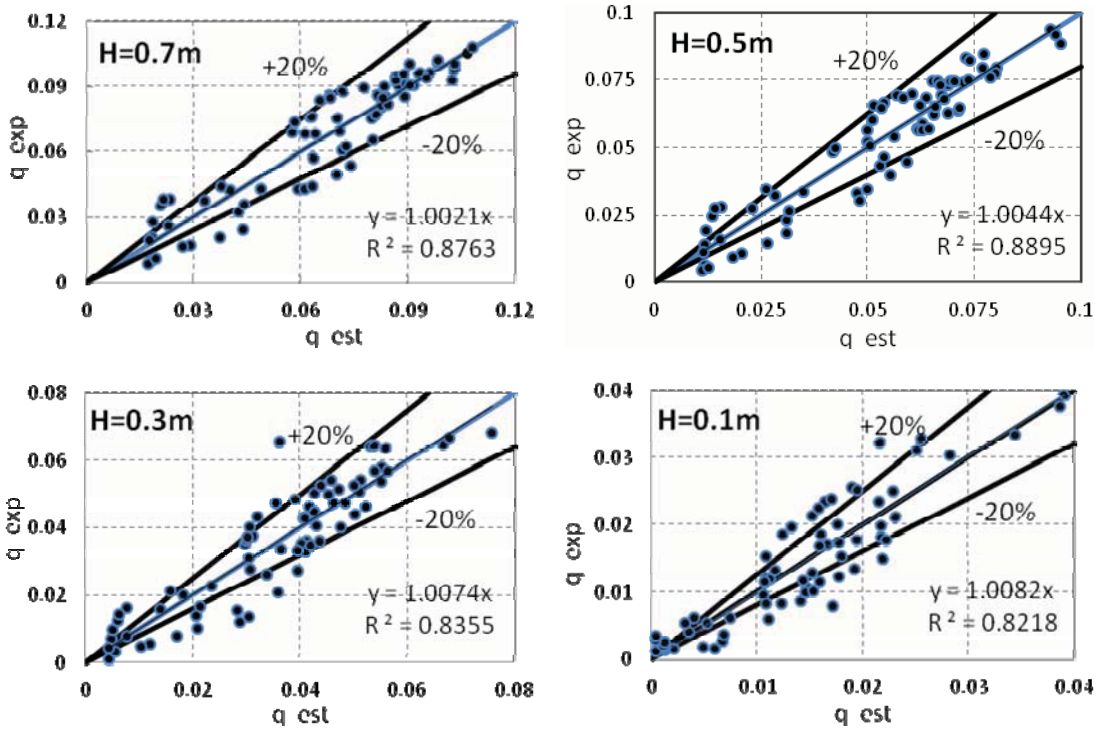
کلیه منحنی‌های برازش داده شده در شکل۵ بر اساس رابطه ۵ بدست آمده‌اند، لیکن ضرایب مربوط به هر منحنی متفاوت و در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

$$\frac{qK^2\left(L^2-w^2\right)}{gH\upsilon L^3}=a+b\left(\frac{x}{L}\right)+c\left(\frac{x}{L}\right)^{0.5} \qquad (۵)$$

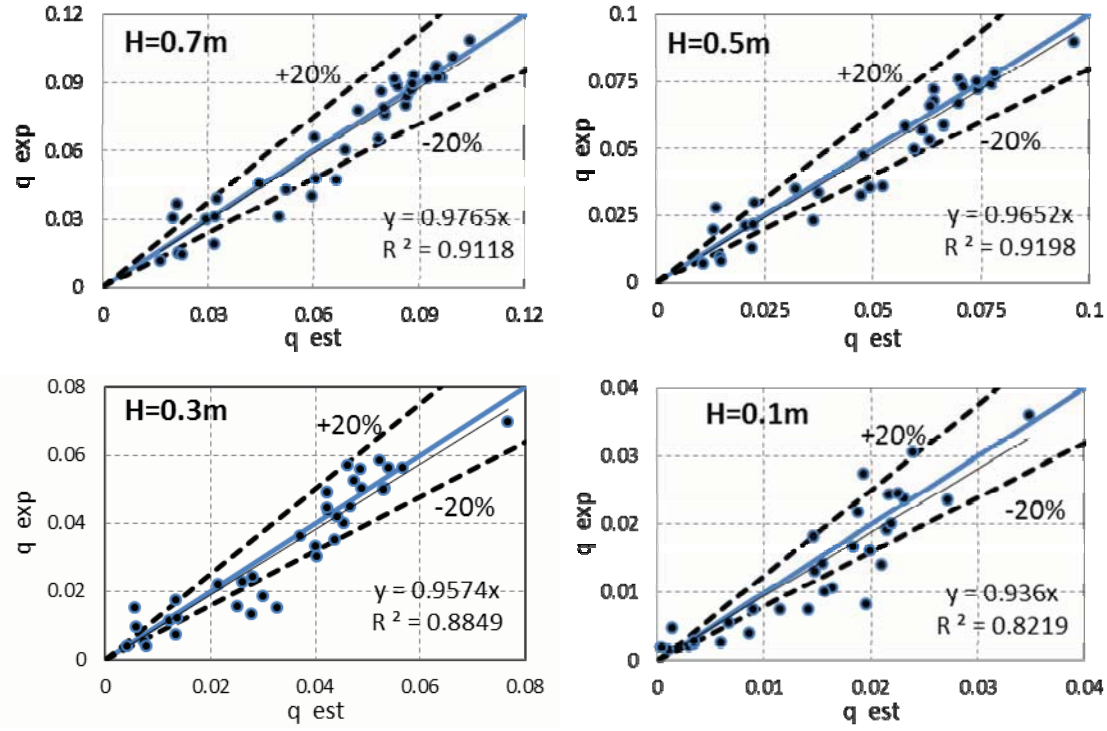
شکل‌های ۶ و ۷ میزان دبی عبوری از لوله‌ها در حالت آزمایشگاهی را درمقابل دبی بدست آمده از رابطه ۵ برای ۷۰ درصد داده‌ها و۳۰ درصد داده‌ها همراه با ضرایب R^2 و خطوط خطای ۲۰٪± برای منحنی‌های شکل۵ نشان می‌دهد.

مشهود است که همبستگی مطلوبی بین نتایج آزمایشگاهی و معادله برازش داده شده وجود دارد به گونه‌ای که ضریب تعیین R^2 برای ۳۰ درصد داده‌ها که معادله بر اساس آنها بدست نیامده بیشتر از

۷۰ درصد داده‌ها می‌باشد و میزان خطا در حدود ۲۰ درصد می‌باشد.

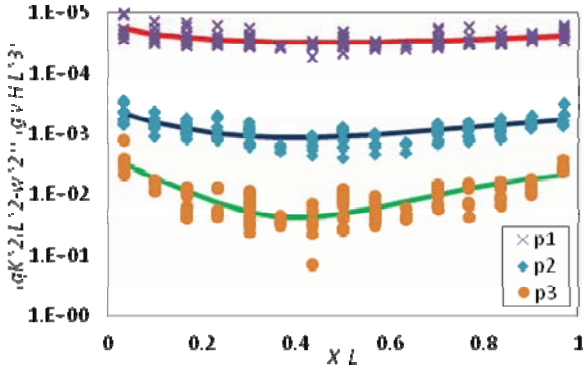


شکل ٦- مقایسه نتایج مدل برازش داده شده بر ۷۰ درصد داده‌ها



شکل ۷- مقایسه نتایج مدل رگرسیونی برای ۳۰ درصد داده‌ها با مقادیر آزمایشگاهی

با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود که مقادیر پارامتر $\frac{qK^2\left(L^2-w^2\right)}{gH\upsilon L^3}$ به ازای بارهای آبی مختلف در هر کدام از مصالح P1، P2 و P3 تقریبا نزدیک به هم می‌باشد .به همین منظور در شکل ۸ برای بارهای آبی مختلف در هر کدام از مصالح با استفاده از نرم افزار Data fit یک منحنی برازش داده شده است. معادله استفاده شده در شکل ۸ برای هر سه نوع دانه‌بندی رابطه ۵ است که ضرایب این معادله در جدول ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۸- منحنی‌های برازش یافته بر اساس نرم افزار Data fit

جدول ۲- ضرایب مربوط به رابطه ۵، استفاده شده درشکل ۸

نوع مصالح	a	b	C
P1	۷۶۸۴۱/۷	۹۷۸۶۹/۴	-۱۳۱۳۱۸/۷
P2	۳۴۹۶/۷	۶۵۶۹	-۸۲۹۵
P3	۶۱۷/۴	۱۴۲۵/۷	-۱۸۱۲/۲

همچنین در شکل ۹ مقایسه مقادیر دبی انحرافی در حالت آزمایشگاهی و محاسباتی ارائه شده است.

چنانکه در شکل ۹ مشاهده می‌شود ضریب تعیین R^2 برای هر دو حالت یعنی ۷۰ و۳۰ درصد داده‌ها برابر ۰/۸۹ بدست آمده و میزان خطای حدود ۲۰ درصد بین مقادیر آزمایشگاهی و محاسباتی بیانگر آن است که منحنی‌های برازش یافته براساس نرم افزار Data fit با دقت مناسبی دبی انحرافی از لوله‌ها را محاسبه می‌کنند. از این منحنی‌ها می‌توان در طراحی آبگیر زیرسطحی استفاده نمود، البته به منظور افزایش دقت در برآورد جریان انحرافی بهتر است از معادلات مربوطه استفاده گردد.

کفایت مدل‌های پیشنهادی

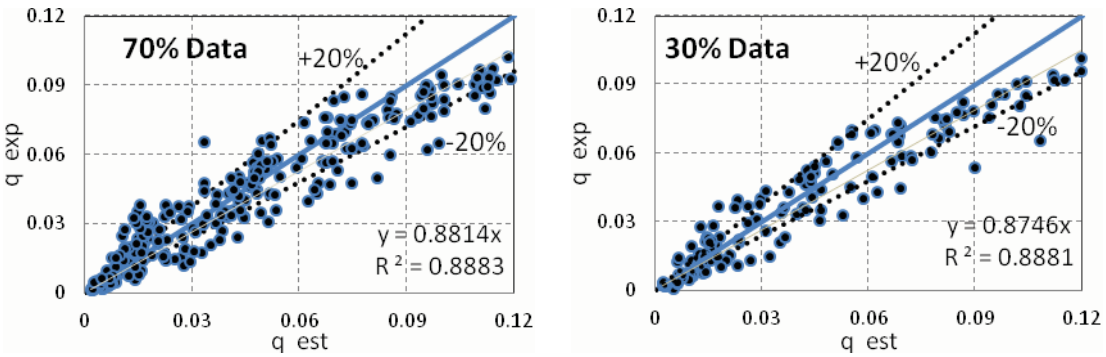
به منظور بررسی مطلوبیت کمی معادله ۵ از شاخص‌های آماری زیر استفاده شده است (۱۸).

$$d\left(wil\right)=1-\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(q_p-q_o\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(|p|+|o|\right)^2} \qquad (۶)$$

$$p=q_p-avrq_o \qquad (۷)$$

$$o=q_o-avrq_o \qquad (۸)$$

در رابطه ۶، n تعداد مشاهدات، q_p مقادیر دبی تخمینی از مدل، q_o مقادیر دبی مشاهداتی می‌باشد. دامنه تغییرات مقدار $d(wil)$ بین یک تا صفر بوده و هر چه مقدار بدست آمده به یک نزدیک‌تر باشد مدل دارای دقت وکفایت بیشتر است. مقادیر پائین $d(wil)$ بیانگر این مطلب است که مدل تغییرات بیشتری از آنچه در واقعیت مشاهده شده ایجاد می‌کند و یا به عبارتی مدل دقیق نیست. مقدار $d(wil)$ برای منحنی‌های شکل ۵ و ۳۰ درصد داده‌ها که منحنی بر اساس آنها برازش نیافته و برای بارهای آبی ۰/۷، ۰/۵، ۰/۳، ۰/۱ متر به ترتیب برابر ۰/۹۷۵، ۰/۹۷۷، ۰/۹۶۷ و۰/۹۴۷ به دست آمده است.



شکل ۹- مقایسه نتایج دبی انحرافی در حالت آزمایشگاهی و محاسباتی برای شکل ۸

همچنین این مقدار برای نمودار شکل ۸، ۰/۹۱ بدست آمده است که بیانگر آن است که هر یک از مدل‌های حاصل از دقت خوبی برخوردار بوده و می‌توانند جهت پیش‌بینی مقدار دبی انحرافی مورد استفاده قرار گیرند.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد، بار آبی تاثیر مثبتی بر میزان دبی انحرافی از سیستم داشته، به گونه‌ای که با افزایش آن بر روی لوله‌های جانبی میزان دبی انحرافی روند افزایشی داشته اما به ازای بارهای آبی بیشتر از ۰/۷ متر از این روند کاسته می‌شود. اندازه ذرات نیز تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر جریان انحرافی داشته و با ریز شدن اندازه ذرات میزان دبی عبوری از لوله‌ها حدود ۶۰ درصد کاهش می‌یابد. روشن است که در این نوع آبگیری، استفاده از محیط متخلخل ریزدانه معقول نبوده و در هنگام احداث سازه ترانشه‌ها حفر و از مواد درشت‌دانه پر می‌گردد ولی به تدریج پس از گذشت چند دوره سیلابی و رسوب‌گذاری در کف رودخانه، از کارایی سیستم کاسته می‌گردد. نشان داده شد که با کمتر شدن هدایت هیدرولیکی از ۱۲/۱ متر بر روز، دبی خروجی از سیستم کاهش یافته و تقریبا سیستم از انتفاع خارج میگردد. استفاده از دیوار آب بند در انتهای آبگیر موجب انباشته شدن جریان در محل آبگیر شده و مانع از فرار آب از زیر لوله‌ها می‌شود. همچنین در این تحقیق با استفاده از آنالیز ابعادی و برازش منحنی با نرم افزار Data fit، معادله‌ای بین پارامترهای مختلف موثر بر میزان جریان انحرافی ایجاد گردید که دارای دقت مناسب بوده و می توان برای تخمین تاثیر عوامل مختلف بر کارایی آبگیر زیرسطحی استفاده نمود.

منابع

۱- شرکت آبگیر سازه توس. ۱۳۸۸. گزارش فنی پروژه آبگیر زیرسطحی بیابان شیر.

۲- شفاعی بجستان م. ۱۳۸۴.مبانی و کاربرد مدل های فیزیکی – هیدرولیکی. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- کوروش وحید ف.۱۳۸۷. بررسی آزمایشگاهی خصوصیات آبگیر کفی با محیط متخلخل.پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

۴- گلمائی س.ح. ۱۳۸۴. "سدهای زیر زمینی برای ذخیره آب در مقیاس کوچک". انتشارات دانشگاه مازندران.

۵- معاونت برنامه ریزی ونظارت راهبردی رئیس جمهور .۱۳۸۸. راهنمای آبگیری از رودخانه و حفاظت آن. نشریه شماره ۵۰۹.

۶- منصوری ر. ۱۳۹۰. مطالعه پارامترهای فیزیکی موثر بر جریان منحرف شده در آبگیری زیرسطحی با استفاده از مدل آزمایشگاهی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد .

۷- نقوی ب.، فغفور مغربی م.، اسماعیلی ک.، خداشناس س.ر. و کوروش وحید ف. ۱۳۸۸. مقایسه آبگذری آبگیر با محیط متخلخل در جریان زلال و رسوبدار، نشریه آب و خاک، ۲۳(۳): ۱۲۲-۱۳۵.

8- Behnke J.J. 1969. Clogging in surface spreading operations for artificial ground-water recharge. Water Resource.Res. 5(4):870–876.

9- Blazejeski R., and Sadzide M.B. 1997. Soil clogging phenomena in constructed wetlands with surface flow. WaterScience Technology. 35(5):183–188.

10- Carling P.A. 1984. Deposition of fine and coarse sand in an open-work gravel bed. Fish Aquatic Science, 41: 263-270.

11- Cunningham A.B., Anderson C.J., and Bouwer H. 1987. Effect of sediment laden- flow on channel bed clogging.Irrigation and Drainage Engineering., ASCE. 113(1):106-118.

12- Field R., Masters H., and Singer M. 1982. Porous pavement: Research, development, and demonstration. TransportEngineering. ASCE. 108(3):244–258.

13- Leps T.M. 1973. Flow Through Rockfill in Embankment Dam Engineering. John Wiley. New York.

14- Sakthivadivel R., and Einstein H.A. 1970. Clogging of porous column of spheres by sediment. Hydraulic. Div., ASCE. 96(2):461–472.

15- Schalchli U. 1992. The clogging of coarse gravel river beds by fine sediment. Hydrology. Springer, 189-197.

16- Sherard J.L., Dunnigan L.P., and Talbot J.R. 1984. Basic properties of sand and gravel filters. Geotechnical. Engineering. ASCE, 110(6):684– 700.

17- Sowers G.B., and Sowers G.F. 1970. Introductory soil mechanics and foundations. Macmillan, New York.

18- Willmott C.J. 1981. On the validation of models. Phys. Geog., 2, 184-194.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.4, Sept.-Oct. 2012, p. 1032-1041

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۱، ص. ۱۰۴۱-۱۰۳۲

Study the Effect of Porous Media on Water Diversion of a River Subsurface Intake with Cut-off Wall

R. Rostami Goonaghani[1*] -K. Esmaili[2]- A.N. Ziaei[3] -H. Ansari[4] - S.R. Khodashenas[5]

Received: 15-1-2012
Accepted: 22-7-2012

Abstract

Water shortages in arid and semi-arid areas necessitate effective methods to intake surface and subsurface river flows. Classical river intakes due to construction cost, and high sedimentation cannot be justified for ephemeral streams in arid zones. The underground dams and subsurface intakes are proposed for water harvesting in these areas. Lower construction cost and less downstream destructive effects cause the subsurface intakes to be superior to underground dams. In this type of intake a pipe drain system is installed in a very porous media under the river bed. Two types of these intakes have been constructed in a few ephemeral streams in Khorasan Razavi province without being the theoretical aspects paid attention effectively. In this study, the effective parameters, particularly the grain size of the porous media, on subsurface water diversion was experimentally investigated. The results showed that with increasing the water head above the drain pipes, the drains flow rate increased and reached a rather constant flow rate depending on drain flow rate capacity. The particle size of the porous medium had a significant effect on the drains flow rate. Decreased particle size and consequently hydraulic conductivity caused the diverted flow rate diminished significantly. In order to relate effective parameters and water diversion, some regression equations were also obtained.

Keywords: Bottom intake, Base flow, Porous media, Drainage system

1,2,3,4,5- MSc Student, Assistant Professors and Associate Professors, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(*- Corresponding Author Email: rrostami1363@yahoo.com)