سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران
۲۳ الی ۲۵ مهرماه ۱۳۸۷ - دانشگاه تبریز - دانشکده مهندسی عمران

بررسی آزمایشگاهی خصوصیات هیدرولیکی جریان بر میزان آب انحرافی از رودخانه از طریق آبگیر کفی با محیط متخلخل

***فاطمه کورش وحید، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه فردوسی مشهد**
بنیامین نقوی، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی، دانشگاه فردوسی مشهد
کاظم اسماعیلی، عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب ، دانشگاه فردوسی مشهد
محمود فغفور مغربی عضو هیئت علمی گروه عمران، دانشگاه فردوسی مشهد
* پست الکترونیکی:f_kooroshvahid@yahoo.com

چکیده:

بکارگیری صفحات مشبک در آبگیری از طریق بستر رودخانه از روش‌های مرسوم در آبگیری از رودخانه می‌باشد. بروز مشکلات ناشی از نصب شبکه فلزی بر روی کانال انحراف ایده جایگزینی محیط‌متخلخل تراوا را مطرح می‌کند. هرچند این محیط نیز میتواند با محدودیتهایی همراه باشد اما هزینه کم طراحی،کارایی این سیستم در بلندمدت و عدم نیاز به نگهداری سیستم، تحقیق در این زمینه را ضروری می‌کند. در این تحقیق با مطالعه‌ی خصوصیات هیدرولیکی جریان ورودی به محیط‌متخلخل، عوامل موثر بر دبی انحراف از رودخانه مورد بررسی قرارگرفت. بدین منظور کانالی دوطبقه ساخته شد تا امکان تفکیک جریان عبوری از محیط‌متخلخل فراهم آمده و تاثیر توام عواملی همچون اندازه دانه‌بندی ذرات محیط‌متخلخل و شیب سطح بالایی محیط‌متخلخل در دبی‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد. نتایج نشان داد میزان انحراف جریان با افزایش شیب محیط‌متخلخل روند کاهش و با افزایش اندازه ذرات روند افزایش را نشان می‌دهد.

کلید واژه ها: ***آبگیری از کف، محیط متخلخل، جریان در کانال های روباز***

۱- مقدمه

روش آبگیری از کف یکی از کارآمدترین و مطمئن ترین راه های آبگیری از رودخانه های کوهستانی با شیب تند و رسوبات درشت دانه است. در این سیستم پس از حفر یک ترانشه با مقطع مناسب در جهت عرضی، در قسمتی یا تمامی عرض رودخانه اقدام به جمع آوری و انحراف جریان عبوری می‌شود. برای جلوگیری از ورود ذرات درشت بستر معمولا از یک شبکه فلزی برای پوشش روی کانال انحراف استفاده می‌گردد. استفاده از شبکه فلزی مشکلاتی به همراه دارد که از جمله مهمترین آنها مشکلات مربوط به نگهداری سیستم و تخلیه رسوبات از سیستم است. به منظور فائق آمدن بر این مشکل، ایده جایگزینی یک محیط متخلخل تراوا با این سیستم مطرح می‌شود. آنچه در این تحقیق مدنظر است،

بررسی شرایط هیدرولیکی جریان در کانال اصلی و تاثیر خصوصیات محیط سنگریزه ای کانال انحراف بر میزان جریان عبوری از آن می باشد.

نتایج حاصل از آزمایشات انجام گرفته برروی مدلی آزمایشگاهی بسیاری از نکات ناشناخته در بکارگیری این روش را روشن نموده امکان طراحی واجرای آن را در محیط طبیعی فراهم می‌کند. ذیلا بعضی از ویژگی های این روش بطور خلاصه بیان می‌شود.

۱- این نوع آبگیر مانعی در برابر مسیر طبیعی جریان به وجود نمی آورد، از این رو رژیم جریان رودخانه تغییر نمی کند.

۲- برقراری جریان در دهانه آبگیر امکان آبگیری را در تمام سال فراهم می نماید.

۳- این نوع آبگیر بدون نیاز به انرژی پمپ و یا ساخت حوضچه های رسوب گیر و سرریزهای جانبی جهت تامین نیازهای آبی در بخش کشاورزی، صنعت و شرب مورد استفاده قرار می گیرد.

۴- این روش خصوصا به علت عدم نیاز به انرژی و همچنین عمر مفید و قابلیت اطمینان بالا و نیاز به نگهداری اندک، در مناطق کوهستانی کاربرد زیادی دارد.

۵- در آبگیری از کف نیازی به احداث سازه های جانبی پیچیده و حجم زیاد عملیات کف برداری نیست.

۶- استفاده از سنگ که با توجه به دوام، فراوانی، سهولت دسترسی و کاربرد آسان جزو ارزانترین مصالح به شمار می آید.

۷- به علت آنکه موقعیت این نوع سازه آبگیر در بستر رودخانه ودر دل خاک بوده، سازه در مقابل بارهای استاتیکی و دینامیکی وارده از جمله زلزله، بسیار پایدار و مطمئن عمل می کند.

با توجه به وجود مناطق بسیار زیاد در کشور که می توان از این روش برای آبگیری از رودخانه ها استفاده کرد و در دسترس نبودن اطلاعات کافی جهت طراحی وساخت آبگیرهای کفی متناسب با اقلیم کشور, انجام تحقیقات کاربردی، امری ضروری به نظر می رسد. در این راستا تاکنون تحقیقات متعددی انجام گرفته که بطور مختصر به شرح زیر است:

اولین تعریف هیدرولیکی از آبگیرهای کفی توسط اورت و همکاران در سال ۱۹۵۴ ارائه شده است. تحقیقات او در کانالی با شیب ۲۰٪ انجام گرفت [۱].

درابیر در سال ۱۹۸۱ با استفاده از مدلی با ابعاد واقعی تحقیقاتی بر روی آبگیر کفی با کف مشبک انجام داد و در این تحقیق شیب بهینه برای کف مشبک بین ۲۰٪ و ۳۰٪ بدست آمد [۲].

سوبرامانیا و شوکلا در سال ۱۹۸۸ طی تحقیقی (جدول ۱) پروفیل‌های جریان بر روی آبگیرکفی را به ۵ دسته تقسیم کردند [۳].

برونلا و همکاران در سال ۲۰۰۳ تحفیفاتی را با استفاده از کانالی مستطیلی برای تعیین پروفیل سطح آب، ضریب تخلیه C_d و پروفیل سرعت و همچنین بررسی کانال آب بر انجام داده اند [۴].

رامامرسی و همکاران با تحقیق بر عبور جریان در شکاف کف کانال به بررسی خصوصیات جریان و پروفیل های سطح و سرعت پرداختند و با مدل ریاضی روابطی برای پروفیل ها ارائه دادند [۵] و [۶].

فغفور مغربی و رزاز در سال ۱۳۸۵ با تحقیق در کف های مشبک, به بررسی عددی و آزمایشگاهی رفتار هیدرولیکی آبگیرهای کفی پرداختند [۷].

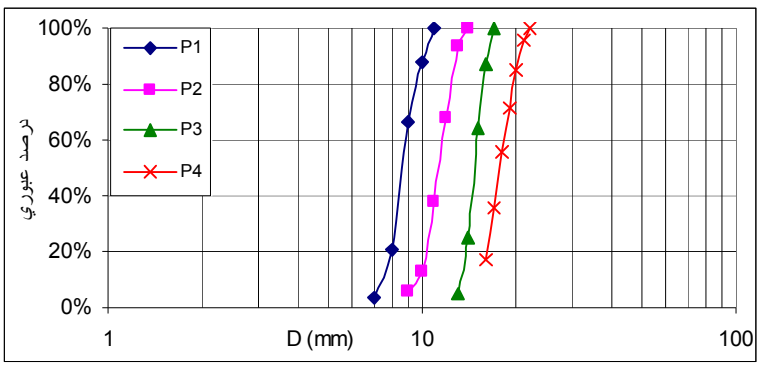
جدول ۱. *انواع پروفیلهای شکل گرفته بر روی آبگیر کفی بر اساس تحقیقات سوبرامانیا و شوکلا*

نوع پروفیل	جریان در بالادست	نوع جریان بر روی آبگیر	جریان در پایین دست
A1	زیر بحرانی	فوق بحرانی	پرش هیدرولیکی
A2	زیر بحرانی	در قسمتی از طول فوق بحرانی	زیربحرانی
A3	زیر بحرانی	زیربحرانی	زیربحرانی
B1	فوق بحرانی	فوق بحرانی	پرش هیدرولیکی
B2	فوق بحرانی	در قسمتی از طول فوق بحرانی	زیربحرانی

۲- مواد و روشها

به منظور شبیه سازی آبگیر کفی با محیط متخلخل از سه جعبه (محیط متخلخل) با شیب های (Sp) صفر،۱۰و ۲۰ درصد، عرض ۳۰ و ارتفاع ۱۰ سانتی متر استفاده شد. طول لازم برای آبگیر کفی، ثابت و ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد.

برای جلوگیری از آبشستگی مواد محیط متخلخل در قسمت جلوی جعبه های حاوی مواد متخلخل میله هایی با قطر حدود ۲/۵ میلیمتر نصب گردید، همچنین سطح بالایی آنها نیز توسط یک توری خیلی نازک حفاظت می گردید. انتخاب شیب های سطح بالایی نیز بر اساس مطالعات و برای رسیدن به شیب بهینه انجام شد. محیط متخلخل با ۴ نوع دانه بندی (P1 ، P2، P3 و P4) با d_{50} های ۸/۵، ۱۱/۵، ۱۴/۵، ۱۷/۵ میلیمتر به نحوی انتخاب شدند که بتوان مقایسه معنی داری مابین سنگدانه های ریزدانه و درشت دانه انجام داد (شکل۱). شیب طولی کانال در تمامی حالتهای فوق ثابت و برابر ۰/۰۰۵ در نظر گرفته شد. به این ترتیب مجموعا ۹۶ قرائت دبی با آب بدون رسوب(آب زلال) صورت گرفت.



شکل ۱. *منحنی دانه بندی سنگدانه ها در محیط متخلخل*

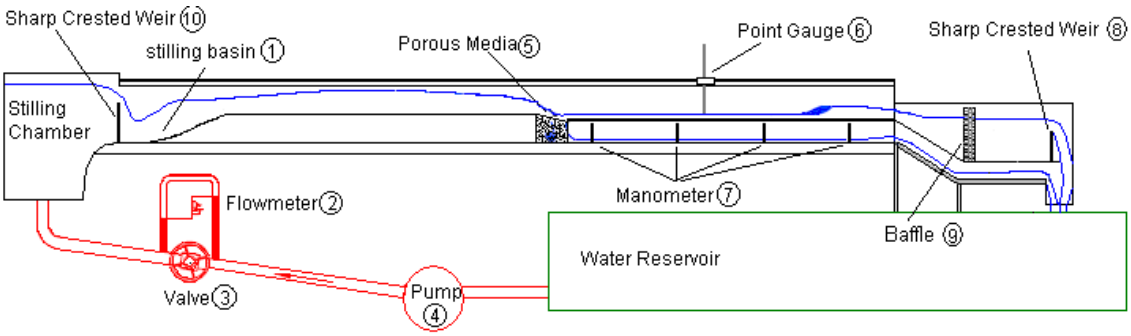
۲-۱- ساخت مدل آزمایشگاهی

برای ساخت مدل، از فلوم با عرض ۳۰ سانتی متر، طول ۱۰ متر و ارتفاع ۵۰ سانتی متر استفاده شده است. کنترل دبی ورودی به فلوم توسط یک شیر پس از پمپ انجام می شود و مدار پمپاژ بصورت بسته عمل می کند. حداکثر

ظرفیت پمپاژ سیستم $24\ lit/s$ می‌باشد. در این تحقیق با ایجاد کانالی از جنس پلکسی گلس به ضخامت ۵ میلی متر بر روی فلوم موجود، یک کانال دو طبقه مطابق (شکل ۲) ایجاد گردید. کانال در پایین دست آبگیر کفی به صورت دو طبقه ساخته شد تا از قسمت فوقانی دبی باقیمانده و از قسمت تحتانی دبی منحرف شده از محیط متخلخل، جریان یابد. باکس حاوی سنگدانه ها در فاصله ی ۵ متری از بالادست تعبیه شد. به منظور اندازه گیری دبی کل در بالادست و دبی باقیمانده در کانال فوقانی از دو سرریز لبه تیز مستطیلی استفاده شد. همچنین جهت دقت در اندازه گیری دبی ورودی به کانال اصلی از سیستم روزنه که در لوله ورودی جریان به کانال نصب شده، استفاده شد. تفاوت دبی ورودی به کانال اصلی و دبی جریان یافته در کانال بالایی بعد از محیط متخلخل برابر جریان عبوری از محیط متخلخل یا دبی انحراف می باشد. برای آرام نمودن جریان بعد از سرریز بالادست (ورودی به کانال اصلی) حوضچه آرامشی در نظر گرفته شد و کف آن بوسیله ورق گالوانیزه با انحنای مناسب به کف کانال بالادست متصل گردید.

برای آرام کردن جریان قبل از سرریز پایین دست، از توری گالوانیزه با مش های ریز استفاده شد، به این ترتیب جریان با سرعت کم و بدون تلاطم زیاد ناشی از افت تراز کف کانال به سرریز نزدیک می گردد.

در این تحقیق با اندازه گیری عمق جریان توسط پوینت گیج با دقت ۰/۱ میلیمتر، مجموعا ۴۸ پروفیل سطح آب اندازه‌گیری شد. همچنین اندازه گیری سرعت در این تحقیق توسط سرعت سنج پیتوت در عمق های H_0 ،۰/۲ H_0 ،۰/۴ H_0 ،۰/۶ H_0 ،۰/۸ H_0 و در فواصل L ، ۱۰،۲۰،۳۰،۵۰ سانتی متری از محیط متحلخل در بالادست انجام گرفت. H_0 ،عمق جریان در هر یک از فواصل ذکر شده می باشد.



شکل ۲. *نمای کلی از مدل ساخته شده*

۳- بررسی نتایج

با رسم نمودارهای مربوط به دبی های منحرف شده (کانال تحتانی) و باقیمانده (کانال فوقانی) برای قطرها ی مختلف سنگدانه ها و شیب های متفاوت محیط متخلخل و مقایسه آنها با یکدیگر می توان دریافت که بیشترین انحراف دبی برای دانه بندی با قطرهای بزرگتر می‌باشد. همچنین در قطرهای مختلف دانه بندی، بیشترین دبی توسط آبگیر با شیب کمتر منحرف می گردد.

۳-۱- تاثیر دانه بندی در گذردهی جریان

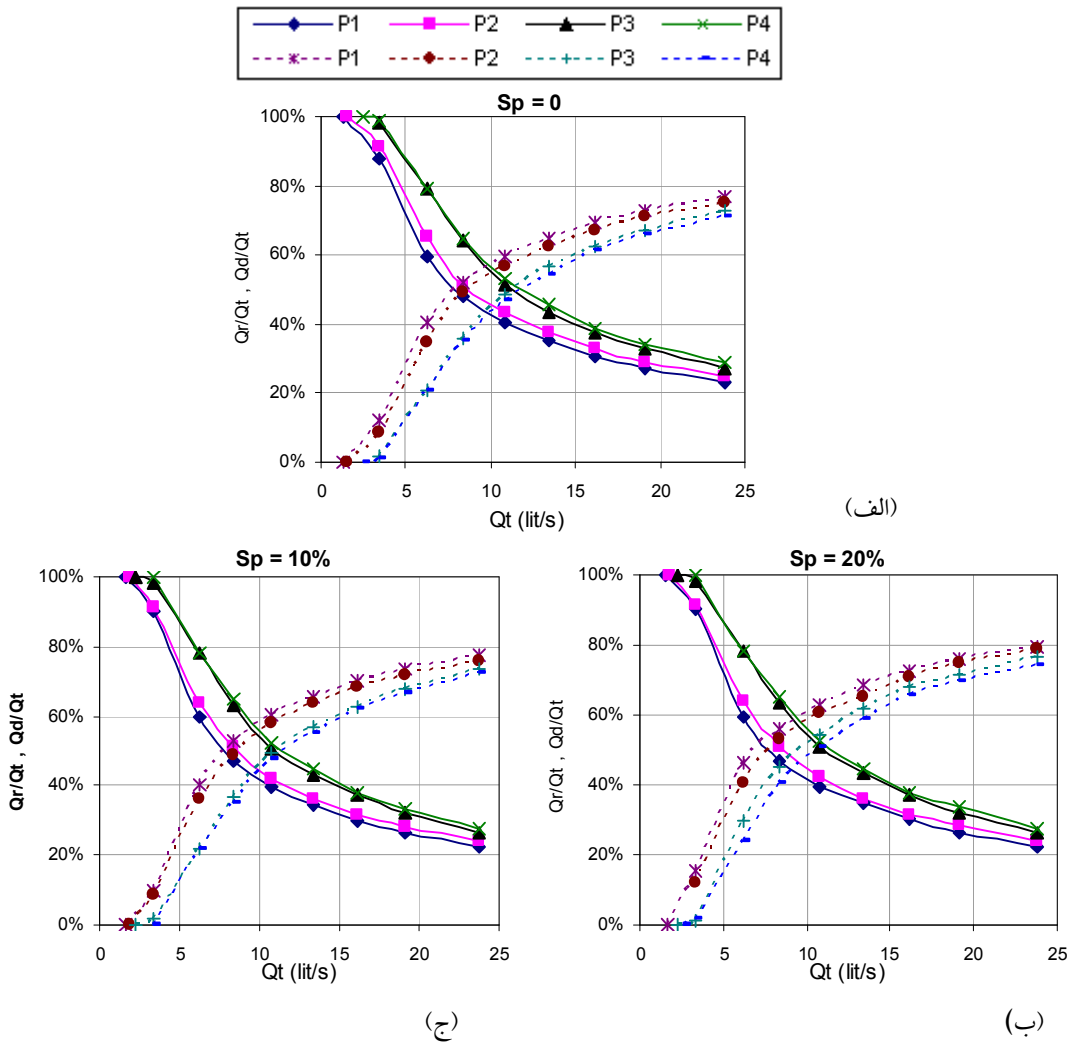
شکل (۳) الف، ب و ج برای چهار قطر دانه‌بندی و سه شیب محیط متخلخل نشان می‌دهد ابتدا با کم بودن دبی، کل جریان توسط محیط متخلخل منحرف می‌گردد لذا بیشترین گذردهی محیط متخلخل در دبی های کمتر رخ می دهد، اما با افزایش دبی ورودی (Qt) میزان دبی منحرف شده به دبی ورودی (Qd/Qt) کاهش و میزان دبی باقی مانده به دبی

ورودی (Qr/Qt) افزایش می‌یابد.به عنوان مثال، در دانه بندی P4 در شیب ۱۰ درصد، میزان دبی منحرف شده به دبی ورودی (Qd/Qt)در دبی ۳/۴ lit/s برابر با ۱۰۰٪ و در دبی ۲۳/۸ lit/s برابر با ۲۷٪ می باشد.

روند کلی حاکی از آن است که دانه بندیP4 نسبت به دانه بندی های ریزتر دبی بیشتری را از خود عبور می‌دهد، این ناشی از این است که دانه بندی P4 دارای فضای تخلخل بیشتر نسبت به دانه بندی های دیگر می باشد و دبی بیشتری را از خود عبور می دهد.

درصد کاهش دبی انحراف نسبت به دبی ورودی در ابتدا زیاد و با افزایش دبی کل این میزان کاهش می یابد. به عنوان مثال، میزان درصد کاهش دبی انحراف نسبت به دبی ورودی در دانه بندی P4 در شیب ۱۰ درصد از دبی ۳/۴ lit/s به دبی ۸/۴ lit/s برابر با ۳۵٪ و از دبی ۸/۴ lit/s به دبی ۱۳/۴ lit/s برابر با ۲۰٪ می باشد.

در شکل(۳) خطوط ممتد، مقادیر دبی منحرف شده به دبی ورودی (Qd/Qt) و خطوط خط چین مقادیر دبی باقی مانده به دبی ورودی (Qr/Qt)را نشان می دهند.

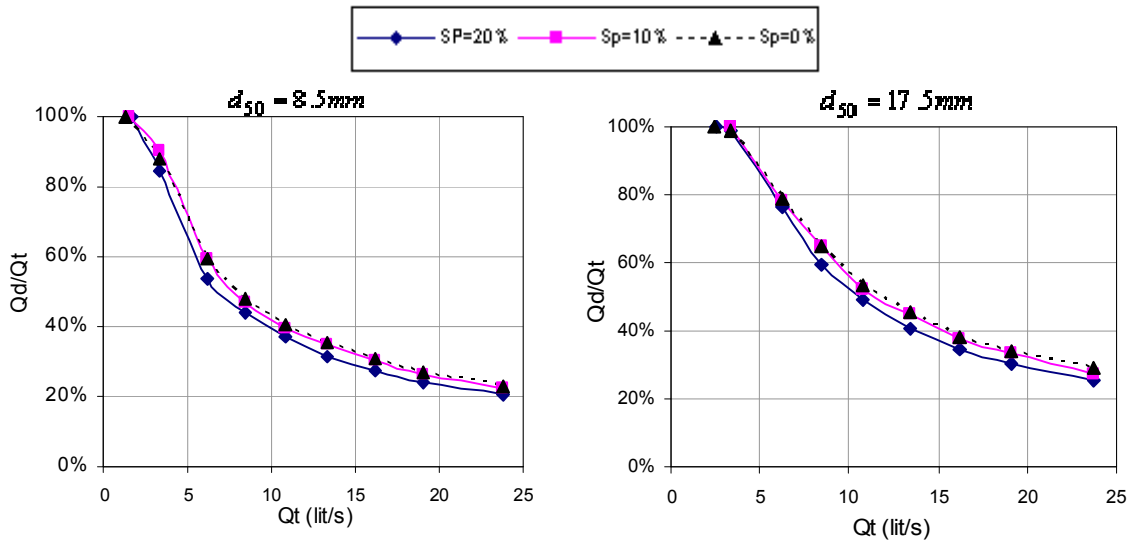


شکل ۳. *مقایسه آبگیر کفی با محیط متخلخل در پارامترهای مختلف*

۳-۲- تاثیر شیب محیط متخلخل در گذردهی جریان

در شکل(۴)، دو قطردانه بندی P1 و P4 در سه شیب (Sp) صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد محیط متخلخل مقایسه شده است. نتایج نشان می دهد گذردهی محیط متخلخل در شیب صفر بیشتر از دو شیب دیگر می باشد. در هر دبی با افزایش شیب، میزان دبی منحرف شده به دبی ورودی (Qd/Qt) کاهش می‌یابد. تغییر شیب ناگهانی بستر در محل ورود جریان به ناحیه محیط متخلخل موجب جداشدگی جریان در این ناحیه می گردد و در نتیجه دبی منحرف شونده توسط آبگیر کاهش می یابد. میزان دبی منحرف شده به دبی ورودی (Qd/Qt) در دانه بندی P1 در شیب ۲۰ درصد، از۸۵٪ در دبی۳/۴ lit/s به ۲۱٪ در دبی ۲۳/۸ lit/s رسیده است در حالیکه این میزان در شیب صفر، از ۸۸٪ در دبی ۳/۴ lit/s به ۲۳٪ در دبی ۲۳/۸lit/s رسیده است.

در نتایج بدست آمده، دبی های منحرف شده در دو شیب صفر و ۱۰ درصد در هر دانه بندی مقادیر بسیار نزدیک به هم را نشان می دهند.

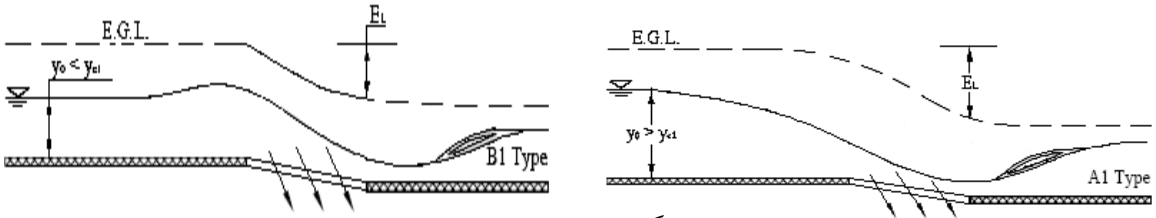


شکل۴. *تاثیر اثر شیب آبگیر در گذردهی جریان در دو دانه بندی P1 با d_{50} ۸/۵ mm و P4 با d_{50} ۱۷/۵ mm*

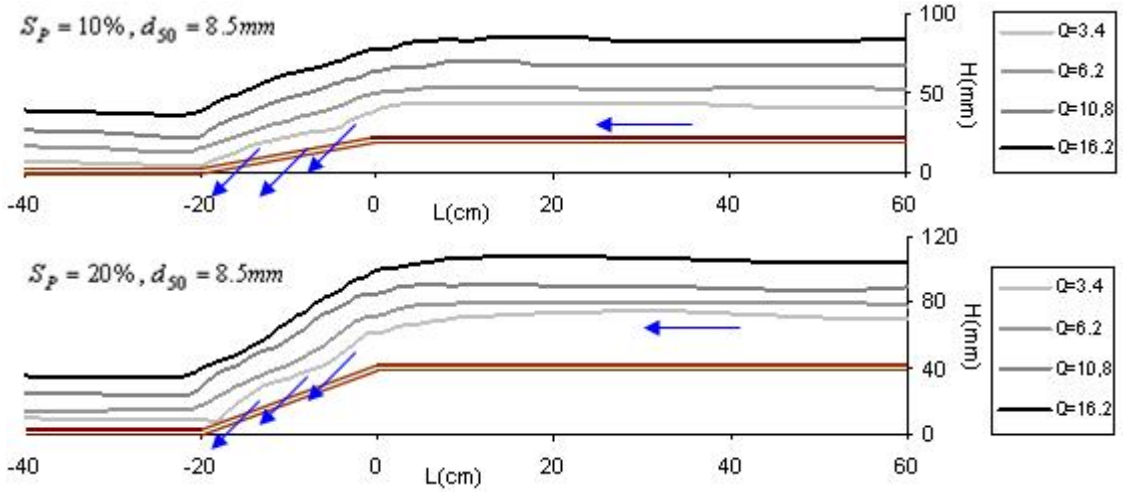
۳-۳- پروفیلهای سطح آب

نتایج نشان می دهد بیشتر پروفیلهای شکل گرفته در این تحقیق در دو دسته ی تقیسم بندی پروفیل های سطح آب در آبگیرهای کفی (جدول ۱) قرار می گیرند. با زیر بحرانی بودن جریان در بالادست آبگیر، پروفیل A1 و در شرایط فوق بحرانی جریان در بالادست، پروفیل B1 تشکیل می گردد (شکل۵).

در پروفیل های B1و A1 تشکیل یافته، پرش هیدرولیکی در دبی های کم بر روی محیط متخلخل ویا بلافاصله بعد از آن و در کانال فوقانی اتفاق می افتد. با افزایش تدریجی دبی، پرش هیدرولیکی نیز کم کم به سمت پایین دست کانال رانده می شود. نمونه ای از پروفیلهای برداشت شده در شکل (۶) برای دانه‌بندی P1 در شیب های ۱۰ و ۲۰ درصد در دبیهای مختلف آورده شده است.



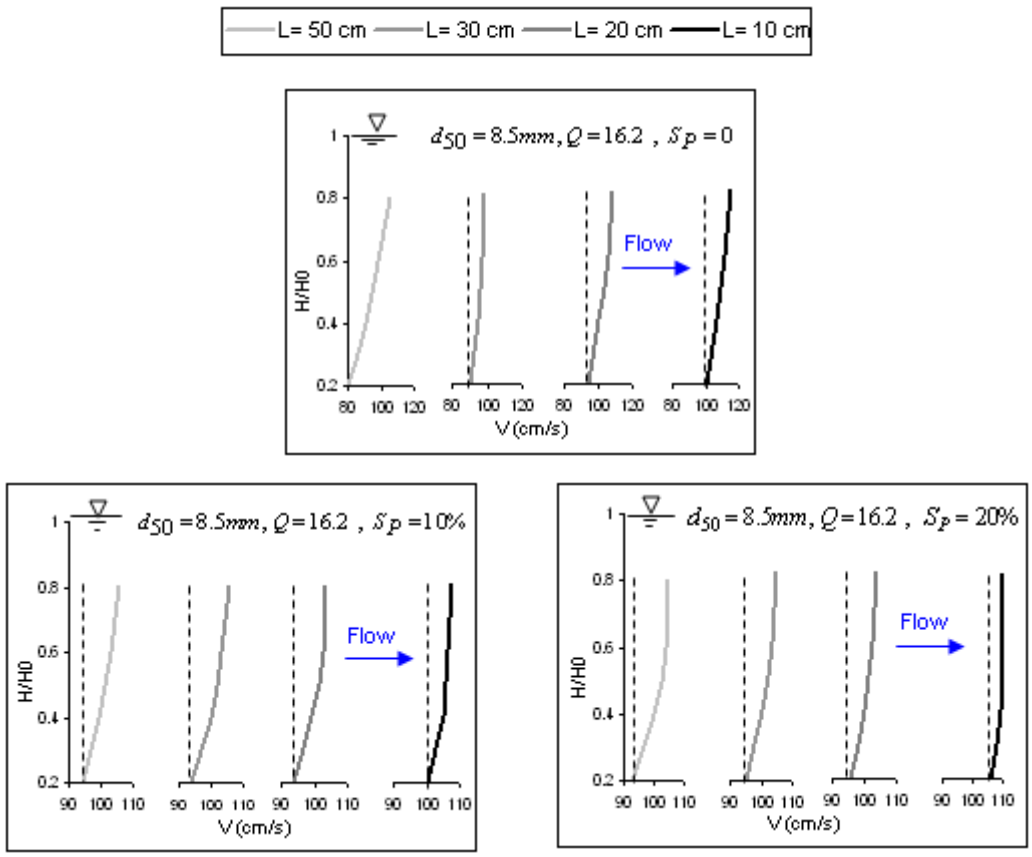
شکل۵. پروفیل های *A1* و *B1* در آبگیرهای کفی- بر اساس تحقیقات سوبرامانیا و شوکلا



شکل۶. پروفیل های سطح آب برای دانه بندی *P1* با ۸/۵ mm d_{50} در دو شیب ۱۰٪ و ۲۰٪ در دبی های مختلف

۳-۴- پروفیل های سرعت

با ترسیم پروفیل های سرعت رفتارجریان در نزدیکی آبگیر قابل بررسی می باشد. نتایج نشان می دهد که در تمامی دبی ها، سرعت جریان آب با نزدیک شدن به آبگیر افزایش می یابد. با افزایش شیب محیط متخلخل، سرعت در نزدیکی آبگیر افزایش بیشتری را نشان می دهد و با افزایش سرعت در نزدیکی شیب، دبی تحتانی کاهش می یابد. نمونه‌ای ازپروفیل های سرعت برای دانه بندی P1 در دبی۱۶/۲ lit/s و در سه شیب صفر، ۱۰و۲۰ درصد، از مجموع ۱۹۲ پروفیل سرعت برداشت شده در شکل (۷) آورده شده است.



شکل۷. پروفیل های سرعت برای $P1$ با d_{50} ۸/۵ mm و ۱۶/۲ lit/s Q در شیب های مختلف

۴- جمع بندی و نتیجه گیری

نتایج نشان می دهد میزان انحراف جریان با افزایش شیب سطح محیط متخلخل بتدریج کاهش می یابد. به علت تغییر شیب ناگهانی بستر در محل ورود جریان به ناحیه محیط متخلخل و جداشدگی جریان در این ناحیه، دبی منحرف شونده توسط آبگیر کاهش می یابد. همچنین در هر شیب سطح با افزایش دبی، مقدار جریان انحرافی افزایش می یابد. اندازه ذرات محیط متخلخل نیز بر روند دبی انحراف تاثیر قابل ملاحظه داشته چنانکه با افزایش اندازه ذرات، میزان دبی روند افزایشی را نشان می دهد. با افزایش اندازه ذرات، فضای تخلخل ذرات نیز افزایش می یابد. همچنین با افزایش دبی ورودی (Qt) میزان دبی منحرف شده به دبی ورودی (Qd/Qt) کاهش و میزان دبی باقی مانده به دبی ورودی (Qr/Qt) افزایش می‌یابد. درصد کاهش دبی انحراف نسبت به دبی ورودی در ابتدا زیاد و با افزایش دبی کل این میزان کاهش می‌یابد.

در هر دانه بندی برای هر سه شیب صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد ابتدا با کم بودن دبی، کل جریان توسط محیط متخلخل منحرف می گردد لذا بیشترین گذردهی محیط متخلخل در دبی های کمتر رخ می دهد.

نتایج نشان می دهد بیشتر پروفیلهای شکل گرفته در این تحقیق طبق تحقیقات سوبرامانیا وشوکلا با زیر بحرانی بودن جریان در بالادست آبگیر، پروفیل A1 و در شرایط فوق بحرانی جریان در بالادست، پروفیل B1 است.

پروفیل های سرعت در تمامی دبی ها نشان می دهد، سرعت جریان آب با نزدیک شدن به آبگیر افزایش می یابد. همچنین با افزایش شیب محیط متخلخل، سرعت در نزدیکی آبگیر افزایش بیشتری را نشان می دهد و با افزایش سرعت در نزدیکی شیب، دبی تحتانی کاهش می یابد.

۵- مراجع

[1] Orth, J., Chardonnet. E. and Meynardi, G. (1954). "Etude de grilles pour prises d'eau du type", endessous, La Houille Blanche, in French. 9(6), 343–351.

[2] Drobir, H. (1981). "Entwurf von wasserfassungen im hochgebirge, Osterr, Wasserwirtsch., in German.
33(11/12), 243–253.

[3] Subramanya, K., Shukla, S. K. (1988). "Discharge diversion characteristics of trench weirs" Inst. Eng, India J, CI, 69(11), 163–168.

[4] Brunella, S., Hager W. and Minor H.E. (2003)." Hydraulics of bottom rack intake" J. of Hydraulic Engineering, ASCE, 129(1).

[5] Ramamurthy, A.S. and Junying, Qu. (2007). "Simulation of flow past an open- channel floor slot" J. hyd. Eng,.133(1),106-110.

[6] Ramamurthy, A.S. and Satish,M. (1986). "Discharge characteristies of flow past a floor slot" J.Irrig. Drain. Eng, 112(1),20-27.

[۷] فغفور مغربی، م و رزاز، م. (۱۳۸۵)." بررسی عددی و آزمایشگاهی رفتار هیدرولیکی آبگیرهای کفی" هفتمین کنفرانس بین المللی عمران، دانشگاه تربیت مدرس.