



## بررسی آزمایشگاهی شکل گیری پروفیل های سطح آب در روش جدید آبگیری از رودخانه از طریق آبگیر کفی با محیط متخلخل

فاطمه کورش وحید<sup>۱</sup>، بنیامین نقوی<sup>۲</sup>، محمود فغفور مغربی<sup>۳</sup>، کاظم اسماعیلی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دکتری هیدرولیک، گروه مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دکتری سازه های آبی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

[f\\_kooroshvahid@yahoo.com](mailto:f_kooroshvahid@yahoo.com)

### خلاصه

بکارگیری صفحات مشبک در آبگیری از طریق کف بستر رودخانه از روش های مرسوم در آبگیری از رودخانه می باشد. بروز مشکلات ناشی از نصب شبکه فلزی بر روی کانال انحراف ایده جایگزینی محیط متخلخل را مطرح می کند. هرچند این محیط نیز می تواند با محدودیت هایی همراه باشد اما هزینه کم طراحی، کارایی این سیستم در بلندمدت و عدم نیاز به نگهداری سیستم، تحقیق در این زمینه را ضروری می کند. نتایج آزمایشگاهی نشان داد عواملی همچون اندازه دانه بندی ذرات محیط متخلخل و شیب سطح بالایی محیط متخلخل در دبی های مختلف بر شکل گیری پروفیل های سطح آب تاثیر گذار است.

کلمات کلیدی: آبگیری از کف، محیط متخلخل، جریان در کانال های روباز، پروفیل سطح آب، جریان متغیر مکانی

### 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 [۱]. 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 می شود [۲]. برای جلوگیری از ورود ذرات درشت بستر معمولاً از یک شبکه فلزی برای پوشش روی کانال انحراف استفاده می گردد. 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 با این سیستم مطرح می شود. در این تحقیق به بررسی شرایط هیدرولیکی جریان در کانال اصلی و تاثیر خصوصیات محیط سنگدانه ای کانال انحراف بر میزان جریان عبوری از آن پرداخته شد. از آنجا که اندازه دانه بندی ذرات محیط متخلخل، شیب سطح بالایی محیط متخلخل و میزان دبی در شکل گیری پروفیل های سطح آب نقش قابل ملاحظه ای دارند، تغییر در هر یک از پارامترها نوع خاصی از پروفیل سطح آب را به وجود می آورد. در این مقاله سعی بر آن است به بررسی چگونگی شکل گیری پروفیل های سطح آب با توجه به تاثیر عوامل انتخابی در این تحقیق و اثر نتایج بدست آمده از تغییرات دبی انحرافی از آبگیر کفی با محیط متخلخل پرداخته شود.

کانترمن و بووارد اولین روش محاسباتی را برای بدست آوردن پروفیل سطح آزاد آب بر روی کف مشبک با فرض هد انرژی ثابت و معادلات معمول اریفیس ارائه دادند. توزیع فضایی دبی به صورت تابع دیفرانسیلی خطی از درجه شش با مختصات جریان، حاصل این تحقیقات بود که این معادله برای یک کف مشبک افقی حل گردید [۳].

دمارچی با تعمیم معادلات در مورد سرریزهای جانبی و فرض هد ثابت انرژی در طول کف مشبک توانست پروفیل سطح آزاد آب را پیش بینی کند. بر اساس نتایج او انحراف تمام جریان ورودی با در نظر گرفتن ارتفاع آب در بالادست برای هدهای کم می تواند در طول خروجی کمی رخ دهد و در ترازهای بالاتر در طول خروجی بیشتری اتفاق بیفتد [۴].



مستکو روابطی را برای پروفیل سطح آب در حالت جریان متغیر مکانی (S.V.F) با در نظر گرفتن فرضیاتی ارائه نمود [۵]. این فرضیات عبارتند از:

۱. کانال، مستطیلی و منشوری شکل است.
  ۲. ضریب تصحیح انرژی جنبشی  $\alpha = 1.0$  در نظر گرفته شود.
  ۳. انرژی مخصوص  $E$  در طول کف مشبک ثابت در نظر گرفته می شود.
  ۴. هد موثری که باعث ایجاد جریان در کف مشبک می گردد، برابر با انرژی مخصوص  $E$  است.
- معادلات دیفرانسیلی جریان متغیر مکانی (S.V.F) با خروجی جانبی با در نظر گرفتن فرضیات فوق به صورت زیر در می آید:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Qy \left( -\frac{dQ}{dx} \right)}{gB^2 y^3 - Q^2} \quad (1)$$

در رابطه ۱،  $Q$  دبی جاری در کانال قبل از سرریز،  $B$  عرض کانال مستطیلی،  $y$  عمق جریان و  $g$  شتاب ثقل می باشد. ریگتی و لانزونی الگوی جریان بر روی کف مشبک با میله های طولی را با اندازه گیری پروفیل سطح آب و سرعت و با استفاده از روش PTV بدست آوردند. نتایج آنها نشان داد که مولفه های قائم بردار سرعت در فضای بین میله ها بزرگتر از مولفه های قائم سرعت در جریان روی میله ها می باشد. همچنین مولفه قائم سرعت با حرکت بسمت پایین دست باز شدگی، کاهش می یابد که حاکی از کاهش دبی انحراف است. کاهشی که در دبی انحراف متأثر از  $\sin \alpha$  (بعد قائم زاویه ورودی سرعت جریان به شبکه) در جهت پایین دست بوجود می آید، به خصوصیت دو بعدی جریان بستگی دارد که در حالت یک بعدی حل مسئله بعنوان ضریب دبی مورد توجه قرار نمی گیرد. در واقع مقادیر بیشتر  $\sin \alpha$  مربوط به قسمت بالادست شبکه می باشد و به خطوط جریانی مربوط است که در بخش ورودی نزدیک بستر و دارای مقادیر کمتری از سرعت می باشند. از سوی دیگر خطوط جریان با سرعت بیشتر که در بخش ورودی نزدیک سطح آب قرار گرفته اند، تحت تاثیر نیروی ثقل، انحراف کمتری پیدا کرده و لذا  $\sin \alpha$  در قسمت پایینی شبکه دارای مقادیر کمتری می باشد [۶].

سوبرامانیا و شو کلا به دنبال تحقیقات خود، پروفیل های شکل گرفته بر روی آبگیرهای کفی را به ۵ نوع تقسیم بندی کردند (جدول ۱). آنها در تمام تحقیقات خود از کانال افقی استفاده نمودند [۷].

جدول ۱- انواع پروفیل های شکل گرفته بر روی آبگیر کفی [۷]

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	زیر بحرانی
A3	زیر بحرانی	زیر بحرانی	زیر بحرانی
B1	فوق بحرانی	فوق بحرانی	پرش هیدرولیکی
B2	فوق بحرانی	در قسمتی از طول فوق بحرانی	زیر بحرانی

## ۲. ساخت مدل آزمایشگاهی

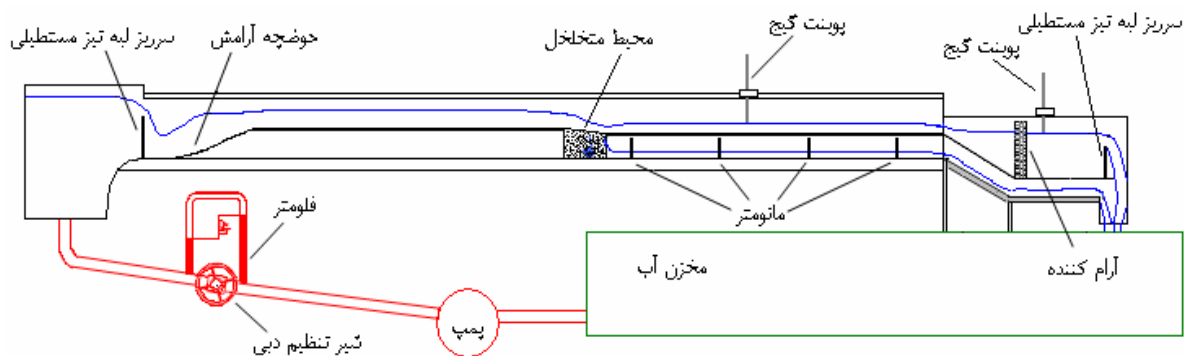
برای انجام آزمایشات از فلوم موجود در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با مشخصات: طول ۱۰ متر، عرض ۳۰ سانتی متر و ارتفاع ۵۰ سانتی متر استفاده گردید. دیواره فلوم از شیشه که امکان رویت جریان را فراهم می نمود و کف آن از ورق گالوانیزه رنگ شده ساخته شده است. به منظور قرار گیری مواد سنگدانه در فلوم موجود یک فضای خالی (ترانشه) به فاصله ۵ متر از ابتدای کانال در نظر گرفته شد (فاصله ای که جریان کاملاً توسعه یافته شده باشد). کانالی دو طبقه از ورق پلکسی گلس در بالادست و پایین دست محل تعیین شده برای آبگیر ساخته شد. برای تفکیک جریان عبور کرده از محیط متخلخل و جریان باقیمانده لازم بود کانال در قسمت پایین دست آبگیر کفی، دو طبقه اجرا شود طوری که جریان

<sup>1</sup> Particle tracking velocimetry

<sup>2</sup> Fully developed



عبور کرده از محیط متخلخل از قسمت پایینی و جریان باقیمانده از قسمت فوقانی آن انتقال یابند. تراز کف کانال فوقانی (پایین دست آبگیر) بر مبنای برآوردهای اولیه از بیشترین عمق احتمالی در کانال پایین دست برابر ۱۰ سانتی متر تعیین شد. کانال تحتانی بالادست آبگیر در محل آبگیر توسط یک صفحه پلکسی گلس مسدود شد. برای اندازه گیری جریان از یک سرریز مستطیلی در بالادست (ورودی جریان به کانال) و یک سرریز در پایین دست به ترتیب برای تعیین جریان ورودی و جریان باقیمانده (عبور نکرده از محیط متخلخل) استفاده شد. دبی انحرافی از محیط متخلخل از تفاوت جریان ورودی به کانال و جریان عبور کرده از روی سرریز پایین بدست می آمد. برای کاهش تلاطم ایجاد شده پس از عبور جریان از روی سرریز، حوضچه‌ای در ابتدای کانال و در پایین دست سرریز طراحی شد. همچنین برای جلوگیری از اثر سرریز بر جریان بالادست، آن را در قسمت شیب دار انتهای کانال نصب نموده و یک توری گالوانیزه با مش های ریز برای آرام نمودن جریان قبل از آن قرار داده شد (شکل ۱).

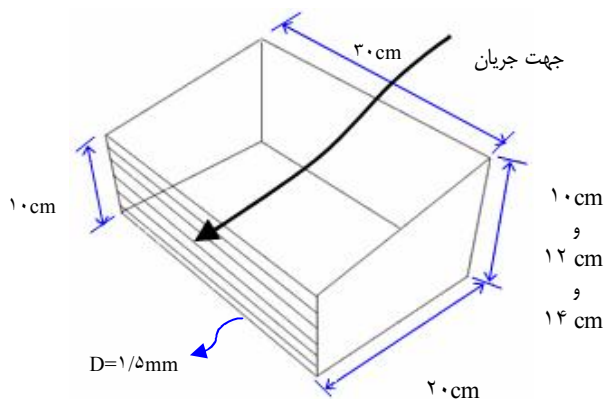


شکل ۱ - نمای کلی از مدل ساخته شده در آزمایشگاه

به منظور شبیه سازی آبگیر کفی با محیط متخلخل، سه محفظه از جنس آهن گالوانیزه با شیب های  $S_p$  صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد، عرض ۳۰ و طول ثابت ۲۰ سانتی متر ساخته شد. اختلاف ارتفاع دیواره بالادست و پایین دست محفظه ساخته شده موجب شیب دار شدن سطح بالایی محفظه پس از پر شدن از مواد سنگدانه ای می گردد. بنابراین ارتفاع دیواره پایین دست ثابت و ۱۰ سانتی متر و ارتفاع دیواره بالادست مطابق با تراز کف کانال بالادست آبگیر در ارتفاع های ۱۰، ۱۲ و ۱۴ سانتی متر تغییر می کرد (شکل ۲). برای جلوگیری از حرکت سنگدانه ها در سطح محیط متخلخل ناشی از عبور جریان، از یک توری گالوانیزه برای تثبیت آن استفاده شد (شکل ۳). از آنجا که جریان ورودی به محیط آبگیر فقط امکان خروج از دیواره پایین دست را داشت، برای جلوگیری از حرکت مواد سنگدانه و مقاومت ایجاد شده در برابر جریان به علت کاهش سطح مقطع، از میله های باریکی به قطر ۱/۵ میلی متر که بصورت موازی قرار گرفته و دیواره پایین دست را تشکیل می دادند، استفاده شد.



شکل ۳ - نمای کلی از محیط متخلخل آبگیر



شکل ۲ - نمای سه بعدی از فضای محیط متخلخل



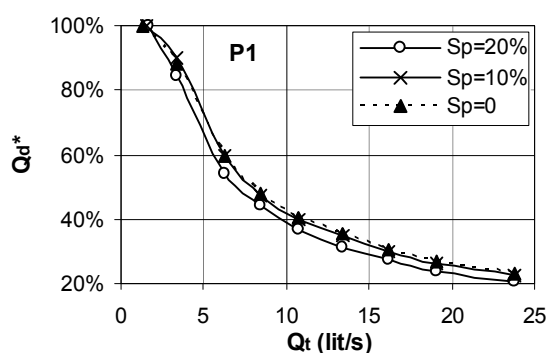
در این مطالعه از چهار نوع دانه بندی برای محیط متخلخل با نماد P1، P2، P3 و P4 و قطر متوسط ذرات  $d_{50}$  به ترتیب ۸/۵، ۱۱/۵، ۱۴/۵ و ۱۷/۵ میلیمتر از مصالح رودخانه ای انتخاب شد در تمام آزمایشات  $S_0$  شیب فلوم ثابت و ۰/۰۰۵ در نظر گرفته شد. تغییرات دبی جریان در این آزمایشات بین حداقل ۳/۴ تا حداکثر ۲۳/۸ لیتر بر ثانیه بوده است. روند آزمایشات بدین صورت بود که در هر شیب سطح آبگیر، چهار دانه بندی و در هر دانه بندی ۸ دبی انتخابی مورد آزمایش قرار می گرفت. در آزمایشات برای اندازه گیری عمق آب از پوینت گیج متحرک با دقت  $\pm 0.1$  میلیمتر استفاده شد. با در نظر گرفتن محل دیواره بالادست محیط متخلخل به عنوان نقطه مبنا  $x=0$  عمق جریان در فاصله ۲ متر از آبگیر در بالادست، روی آبگیر و نیز به فاصله ۲ متر از آن در پایین دست اندازه گیری شد.

### ۳. بحث و نتایج

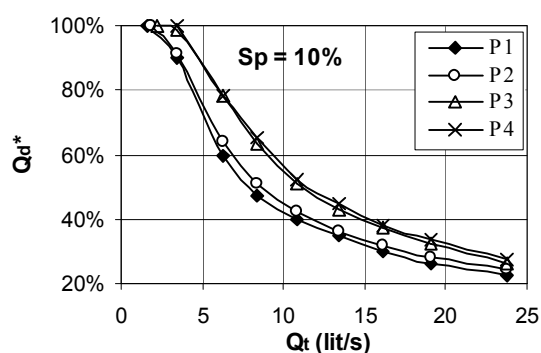
#### ۳-۱ بررسی گذردهی جریان انحرافی

به طور کلی میزان جریان انحرافی توسط آبگیرها تابعی از میزان جریان ورودی است. در مواردی که شرایط طبیعی رودخانه اجازه دهد می توان تمامی جریان رودخانه را منحرف کرد. در طراحی سیستم های انحراف همواره سعی می گردد شرایط به گونه ای ایجاد گردد تا بتوان دبی طرح را برداشت نمود. هر چند با افزایش جریان رودخانه امکان انحراف جریان بیشتر وجود دارد اما سیستم انحراف تحت هر شرایط هیدرولیکی روند یکسانی در انحراف جریان نشان نمی دهد. در این تحقیق با آزمایشات بر روی مدل، نتایج مربوط به میزان انحراف جریان  $Q_d$  بر اساس میزان دبی ورودی  $Q_i$  در چهار نوع دانه بندی مصالح محیط متخلخل و در سه شیب سطح آبگیر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش دبی جاری در کانال، میزان دبی انحراف روند افزایشی داشته که این روند در تمامی حالات چهار دانه بندی تقریباً یکسان است. هر چند که روند افزایش دبی انحراف با افزایش دبی ورودی مشاهده می شود اما بتدریج و با افزایش دبی ورودی از شدت جریان انحرافی کاسته شده به مقدار ثابتی می رسد. مطابق با شکل ۴، درصد افزایش دبی انحرافی با افزایش دبی ورودی کاهش می یابد. به عنوان مثال، در دانه بندی P1 در شیب صفر محیط متخلخل درصد دبی انحرافی  $Q_d^* = Q_d/Q_i$  در دبی ۳/۴ lit/s برابر با ۱۰۰٪ و در دبی ۲۳/۸ lit/s برابر با ۲۹٪ می باشد.

اندازه ذرات در محیط متخلخل نیز از عوامل موثر بر میزان جریان انحرافی می باشد. نتایج شکل ۴ نشان می دهد به ازاء یک دبی ورودی مشخص  $Q_i$  با افزایش اندازه ذرات، درصد دبی انحرافی روند افزایشی دارد. به عنوان مثال مقایسه دو دانه بندی P1 و P4 در  $S_p = 10\%$  نشان می دهد  $Q_d^* = 23/8$  lit/s برای P1 برابر با ۲۲٪ و برای P4 برابر با ۲۷٪ می باشد. روند کلی حاکی از آن است که دانه بندی P4 نسبت به دانه بندی های ریزتر، دبی بیشتری را از خود عبور می دهد که ناشی از بیشتر بودن فضاهای خالی در این دانه بندی است. همچنین نتایج نشان داد با افزایش  $S_p$  انحراف جریان کاهش می یابد. در شکل ۵ مقایسه سه شیب سطح آبگیر برای دانه بندی P1 به صورت نمونه آورده شده است. چنانکه ملاحظه می گردد با افزایش  $S_p$  در هر دبی، میزان  $Q_d^*$  کاهش نشان می دهد که مقدار آن در دبی های بیشتر، بیشتر است. در واقع افزایش شیب سطح آبگیر، افزایش سرعت جریان را در پی دارد و باعث کاهش قابل توجه دبی انحراف خواهد شد. مطابق با شکل ۵،  $Q_d^*$  از شیب صفر به شیب ۱۰ درصد چشمگیر نیست ولی کاهش  $Q_d^*$  از شیب ۱۰ به ۲۰ درصد قابل توجه است.



شکل ۵ - میزان درصد دبی انحرافی با افزایش شیب سطح آبگیر



شکل ۶ - میزان درصد دبی انحرافی با افزایش دبی ورودی



### ۲-۳ پروفیل های سطح

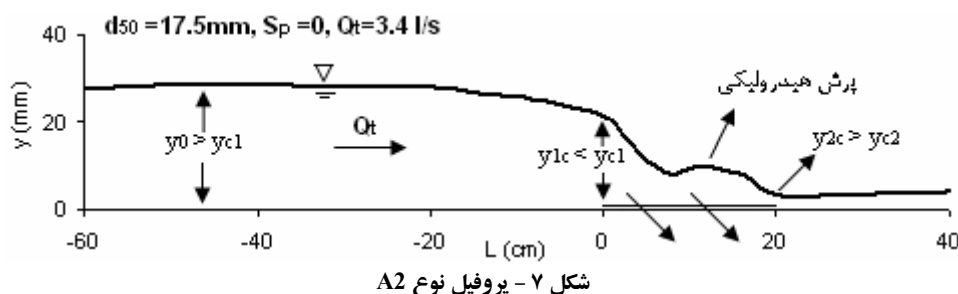
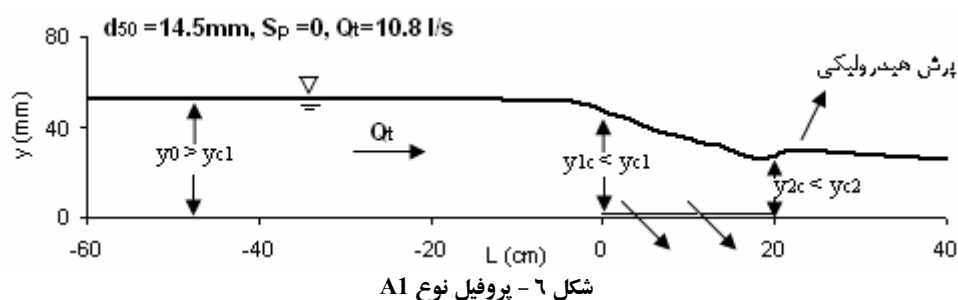
در این تحقیق بررسی پروفیل های سطح آب بر اساس نتایج بدست آمده از چگونگی تاثیر پارامترهای مختلف بر دبی انحرافی از آبگیر کفی با محیط متخلخل انجام گرفته است.

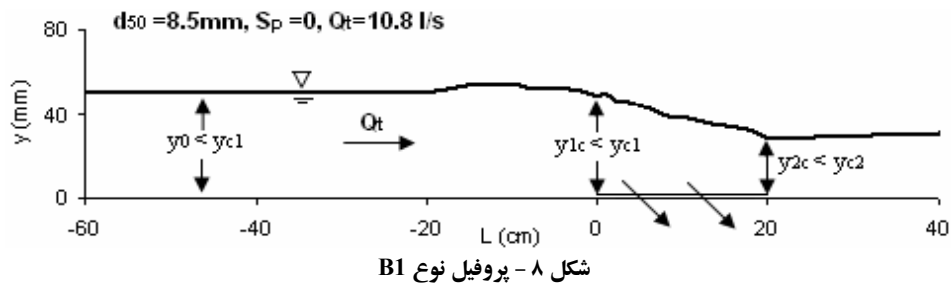
نتایج نشان داد پروفیل های سطح آب بر روی آبگیر کفی با محیط متخلخل بدست آمده از این تحقیق تطابق خوبی با نتایج تحقیقات سوبرامانیا و شوکلا (۱۹۸۸) بر روی پروفیل های سطح آب در آبگیرهای کفی دارد. در شرایط زیر بحرانی جریان در بالادست آبگیر، پروفیل A1، A2 و A3 و در شرایط فوق بحرانی جریان در بالادست، پروفیل B1 و B2 تشکیل می گردد. در پروفیل های A1، A2، A3 و B2 عمق آب با نزدیک شدن به آبگیر روند کاهشی دارد اما در پروفیل B1 عمق آب با نزدیک شدن به محیط متخلخل، ابتدا بتدریج شروع به افزایش نموده و بعد از مسافتی شروع به کاهش می نماید. در پروفیل های شکل گرفته A1 و B1، پرش هیدرولیکی در دبی های کم بلافاصله بعد از محیط متخلخل در کانال فوقانی اتفاق می افتد و با افزایش تدریجی دبی، پرش هیدرولیکی کم کم به سمت پایین دست کانال رانده می شود. در پروفیل های B2 و A2 پرش بر روی آبگیر اتفاق می افتد. بیشترین پروفیل های مشاهده شده در این تحقیق از نوع B1 می باشد. اشکال ۶ تا ۹ نمونه ای از انواع پروفیل های برداشت شده سطح با توجه به نتایج هیدرولیکی محاسبه شده این پروفیل ها می باشد (جدول ۲). نوع پروفیل ها مطابق با ۵ نوع پروفیل ارائه شده توسط سوبرامانیا و شوکلا تعیین شده است.

جدول ۲- نتایج هیدرولیکی نمونه ای از پروفیل های سطح آب

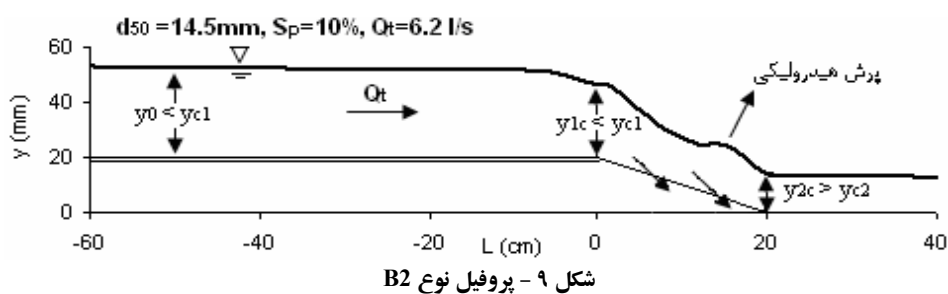
نوع پروفیل	جریان در پایین دست	نوع جریان بر روی آبگیر	جریان در بالادست	Fr بالادست	$y_{c2}$ (mm)	$y_{2c}$ (mm)	$y_{c1}$ (mm)	$y_{1c}$ (mm)
A1	پرش هیدرولیکی	فوق بحرانی	زیر بحرانی	۰/۹۴	۳۱/۴۱	۲۵	۵۰/۹۴	۴۷/۵
A2	زیر بحرانی	در قسمتی از طول فوق بحرانی	زیر بحرانی	۰/۷۵	۴	۵	۲۳/۵۷	۲۱/۵
B1	پرش هیدرولیکی	فوق بحرانی	فوق بحرانی	۱/۰۸	۳۶	۲۹	۵۰/۹۴	۴۸/۵
B2	زیر بحرانی	در قسمتی از طول فوق بحرانی	فوق بحرانی	۱/۱۱	۱۲/۸۶	۱۴	۳۵/۱۸	۲۶/۵

پارامترهای جدول ۲ در اشکال ۶ تا ۹ نشان داده شده است که شامل،  $y_0$  عمق نرمال کانال بالادست،  $y_{1c}$  عمق جریان در شروع آبگیر،  $y_{c1}$  عمق بحرانی در شروع آبگیر،  $y_{2c}$  عمق بحرانی در انتهای آبگیر و  $y_{c2}$  عمق بحرانی در انتهای آبگیر می باشد.



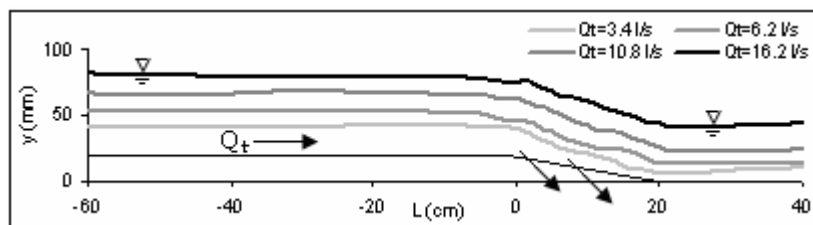


شکل ۸ - پروفیل نوع B1



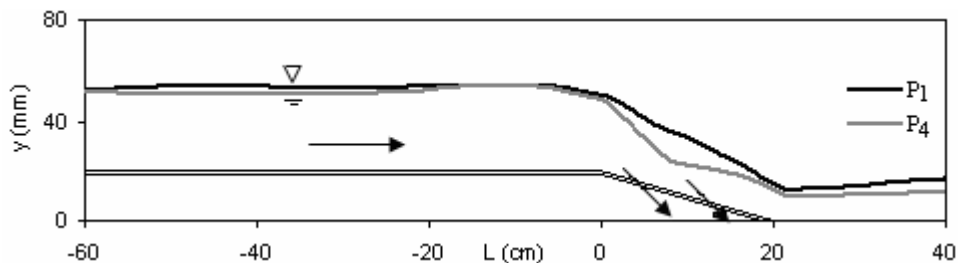
شکل ۹ - پروفیل نوع B2

ترسیم پروفیل‌های سطح آب در شکل ۱۰ نشان می‌دهد در هر دانه‌بندی و در هر شیب محیط متخلخل با افزایش دبی، عمق جریان بر روی محیط متخلخل افزایش می‌یابد. نتایج اندازه‌گیری دبی انحرافی از محیط متخلخل حاکی از آن است که با افزایش دبی ورودی  $Q_t$  میزان دبی انحراف یافته  $Q_d$  افزایش می‌یابد اما شیب افزایش روند کاهشی نشان می‌دهد. افزایش عمق بر روی آبگیر با افزایش دبی ورودی در پروفیل‌های ترسیم شده به خوبی این نتایج را تایید می‌کند. همچنین در این اشکال مشاهده می‌شود در مقادیر کم دبی میزان انحنا پروفیل بر روی آبگیر نسبت به دبی‌های بالاتر بیشتر است و با افزایش دبی از آن کاسته شده شکل منظم‌تری بر روی آبگیر پیدا می‌کند. علت چنین شرایطی احتمالاً مربوط به سرعت پایین جریان در دبی‌های کم است که مقادیر بیشتری از جریان توسط محیط متخلخل منحرف می‌شود و مکش ایجاد شده در فضای خالی محیط متخلخل بر جریان، شکل نامنظمی به جریان بر روی آبگیر می‌دهد.



شکل ۱۰- مقایسه پروفیل‌های سطح آب در دانه‌بندی P3 ( $d_{50} = 14.5\text{mm}$ ) و  $S_p = 10\%$  در دبی‌های مختلف

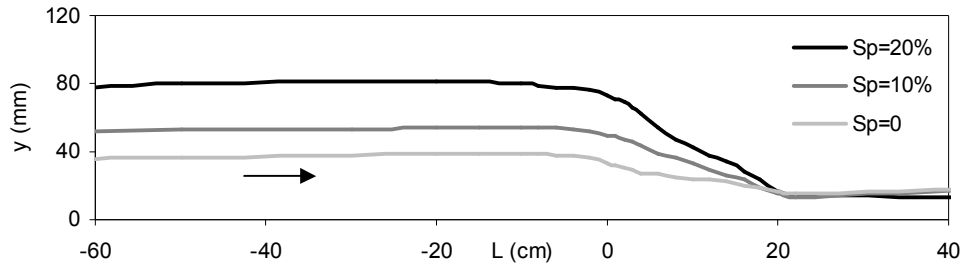
از طرفی مقایسه پروفیل سطح آب در دو دانه‌بندی P1 و P4، در دبی  $6/2 \text{ lit/s}$  و شیب ۱۰ درصد محیط متخلخل در شکل ۱۱ نشان می‌دهد همواره عمق جریان بر روی آبگیر، در دانه‌بندی درشت‌تر P4 کمتر از عمق جریان در دانه‌بندی P1 است که حاکی از عبور بیشتر جریان انحرافی از محیط متخلخل درشت‌تر می‌باشد. بعبارت دیگر با افزایش قطر دانه‌بندی ذرات، فضای خالی بین ذرات افزایش یافته و جریان بیشتری از آبگیر عبور می‌کند.



شکل ۱۱ - مقایسه پروفیل سطح آب در دو دانه بندی P1 و P4 در دبی  $6/2 \text{ lit/s}$  و شیب ۱۰٪

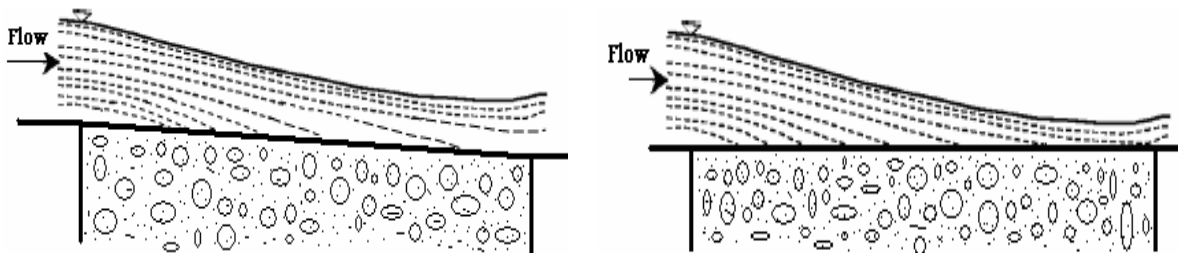


نتایج شکل ۱۲ نشان می‌دهد پروفیل سطح آب بر روی آبگیر با شیب‌های کم محیط متخلخل، انحنای بیشتری نسبت به شیب‌های بیشتر دارد. این مطلب حاکی از آن است که در شیب‌های کم به علت پایین بودن سرعت جریان، میزان دبی عبوری از محیط متخلخل زیاد می‌گردد. با افزایش شیب، سرعت جریان نیز افزوده شده از میزان تماس و عبور جریان با محیط متخلخل کاسته شده عبور جریان از روی آبگیر افزایش می‌یابد. و سطح آب از یکنواختی بیشتر برخوردار خواهد شد.

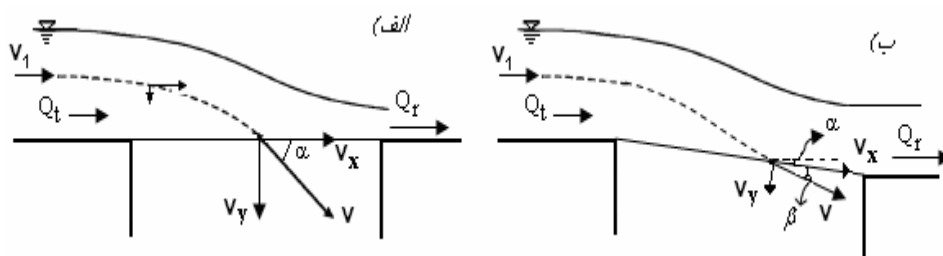


شکل ۱۲ - مقایسه پروفیل سطح آب در سه شیب صفر، ۱۰، ۲۰ درصد برای دانه بندی P1 ( $d_{50} = 8.5mm$ ) در دبی  $۶/۲ \text{ lit/s}$

همچنین مقایسه پروفیل‌های سطح آب برای دانه بندی P1 در سه شیب صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد در شکل ۱۲ نشان می‌دهد در شیب کم محیط متخلخل، بیشترین دبی در ابتدای طول آبگیر منحرف می‌شود و هرچه جریان به انتهای آبگیر می‌رسد از میزان دبی منحرف شده کاسته می‌شود. با افزایش شیب محیط متخلخل، جریان بر روی آبگیر شتاب می‌گیرد و انحراف دبی در ابتدای آبگیر تقلیل یافته و در اثر آن دبی در طول آبگیر روند کاهشی نشان می‌دهد. با توجه به تحقیقات ریگتی و لائزونی ۲۰۰۸ بر روی کف‌های مشبک با میله‌های طولی در مورد الگوی جریان و نحوه ورود جریان به آبگیر کفی می‌توان گفت که افزایش جریان انحرافی به آبگیر در شیب‌های کم سطح آبگیر، به دلیل افزایش مولفه قائم سرعت جریان ورودی به محیط متخلخل نسبت به مولفه افقی سرعت می‌باشد. بنابراین انتظار می‌رود که در شیب‌های کم، خطوط جریان با زاویه بیشتری نسبت به افق وارد آبگیر شود. هر چه زاویه ورودی سرعت جریان به شبکه آبگیر کمتر شود مولفه افقی سرعت نسبت به مولفه قائم آن افزایش می‌یابد و به واسطه افزایش مولفه افقی سرعت، بیشتر جریان از روی آبگیر عبور کرده و کمتر وارد محیط آبگیر می‌شود. با توجه به شکل ۱۲ و کاهش دبی انحراف در طول آبگیر به تدریج از زاویه سرعت ورودی جریان به محیط متخلخل آبگیر کاسته می‌شود، اشکال ۱۳ و ۱۴ طرح شماتیک موضوع فوق را از تحقیقات ریگتی و لائزونی ۲۰۰۸ نشان می‌دهند.



شکل ۱۳ - طرح شماتیک الگوی جریان بر روی آبگیر کفی با محیط متخلخل افقی و شیب‌دار



شکل ۱۴ - طرح شماتیک زاویه سرعت جریان ورودی به آبگیر (الف) آبگیر با سطح افقی (ب) آبگیر با سطح شیب‌دار



در شکل ۱۴،  $\alpha$  زاویه سطح بالایی محیط متخلخل نسبت به افق و  $\beta$  زاویه سرعت ورودی به آبگیر نسبت به سطح بالایی محیط متخلخل می باشد.

#### ۴. نتیجه گیری

مطالعه رفتار پروفیل های سطح آب در این تحقیق نشان داد که:

۱. شرایط جریان بر روی آبگیر کفی بگونه ای است که بیشترین پروفیل های مشاهده شده در این تحقیق از نوع B1 می باشد.
۲. با افزایش دبی ورودی، عمق جریان بر روی آبگیر افزایش می یابد که حاکی از همسان نبودن روند افزایش دبی ورودی و دبی انحرافی از آبگیر می باشد.
۳. یکنواختی پروفیل جریان در دبی های کم نسبت به یکنواختی پروفیل در جریان های بیشتر کمتر است، در این حال (دبی های کم) به علت کمی سرعت روی سطح محیط متخلخل جریان بیشتری از آن عبور می کند.
۴. با افزایش قطر دانه بندی ذرات، عمق جریان بر روی آبگیر کاهش می یابد که حاکی از افزایش دبی انحراف از محیط متخلخل به علت افزایش فضا های خالی ذرات نسبت به دانه بندی ریز تر است.
۵. با افزایش شیب سطح محیط متخلخل، سرعت جریان نیز افزایش می یابد و از میزان تماس و عبور جریان از محیط متخلخل کاسته می شود. لذا عبور جریان بیشتر از روی آبگیر، پروفیل صاف و منظم تری را بر روی آبگیر شکل می دهد.
۶. بیشترین جریان در قسمتهای ابتدایی آبگیر منحرف شده و میزان انحراف جریان بسمت پایین دست کاهش می یابد. در شیب کم محیط متخلخل، بیشترین دبی در ابتدای آبگیر منحرف می شود و هر چه جریان به انتهای آبگیر می رسد از میزان دبی منحرف شده کاسته می گردد. با افزایش شیب محیط متخلخل، جریان بر روی آبگیر شتاب می گیرد و از انحراف دبی در ابتدای آبگیر کاسته می شود و این در حالیست که دبی انحراف در طول آبگیر هم روند کاهشی دارد.
۷. در شیب های کم آبگیر نسبت به شیب های بیشتر، سرعت جریان بر روی آبگیر کم است. با کاهش سرعت جریان، میزان دبی عبوری از محیط متخلخل نیز افزایش می یابد. این مطلب گویای آنست که مولفه قائم سرعت ورودی به محیط متخلخل نسبت به مولفه افقی بیشتر بوده و زاویه ورودی سرعت جریان به شبکه آبگیر زیاد است. هر چه زاویه ورودی سرعت جریان به شبکه آبگیر کمتر شود مولفه افقی سرعت نسبت به مولفه قائم آن افزایش می یابد و به واسطه افزایش مولفه افقی سرعت، بیشتر جریان از روی آبگیر عبور کرده و وارد محیط آبگیر نمی شود.

#### ۵. مراجع

1. Bouvard, M., (1992), "Mobile barrages and intakes on sediment transporting rivers," IAHR Monograph, Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
۲. فغفور مغربی، م و رزاز، م، (۱۳۸۵). "بررسی عددی و آزمایشگاهی رفتار هیدرولیکی آبگیرهای کفی"، هفتمین کنفرانس بین المللی عمران، دانشگاه تربیت مدرس.
3. Bouvard, M., (1953), "Debit d'une grille par en dessous (Discharge passing through a bottom grid)," Houille Blanche, 3, pp 290-291.
4. Brunella, S., Hager, W. and Minor, H.E., (2003), "Hydraulics of bottom rack intake," J. of Hydraulic Engineering, ASCE, 129 (1).
5. Mostkow, M., (1957), "Sur le calcul des grilles de prise d'eau (Theoretical study of bottom type water intake)," Houille Blanche, 4, pp 570-580.
6. Righetti, M., Lanzoni, S., (2008), "Experimental Study of the Flow Field over Bottom Intake Racks," Journal of Hydraulic Engineering, 134, pp 1-15.
7. Subramanya, K. and Shukla, S.K., (1988), "Discharge Diversion Characteristics of Trench Weirs," Inst. Eng. India J. CI, 69 (11), pp 163-168.
- ۸ کورش وحید، ف.، نقوی، ب.، اسماعیلی، ک. و فغفور مغربی، م، (۱۳۸۷)، "بررسی آزمایشگاهی خصوصیات هیدرولیکی جریان بر میزان آب انحرافی از رودخانه از طریق آبگیر کفی با محیط متخلخل"، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تبریز، ایران، ۲۳-۲۵ مهر.