

"سومین کنفرانس ملی تجربه های ساخت تاسیسات آبی و شبکه های آبیاری و زهکشی"

دانشگاه تهران، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی

۲۹ و ۳۰ مهرماه ۱۳۸۸

## ضریب دبی جریان در روش جدید آبگیری از رودخانه از طریق آبگیر کفی با محیط متخلخل

**فاطمه کورش وحید**

دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد  
تلفن همراه: ۰۹۳۵۳۳۴۷۰۳۱ - پست الکترونیکی: [f\\_kooroshvahid@yahoo.com](mailto:f_kooroshvahid@yahoo.com)

**بنیامین نقوی**

دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

**کاظم اسماعیلی**

استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

**محمود فغفور مغربی**

دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد

### چکیده:

یکی از مناسبترین روش های انحراف جریان در رودخانه های پرشیب بکارگیری آبگیر کفی می باشد. گزینه آبگیر کفی با محیط متخلخل شیوه جدیدی برای انحراف جریان جهت جایگزین با آبگیرهای با کف مشبک است. علت کاربرد چنین گزینه ای کارایی بالا در درازمدت، مقاومت سازه ای مناسب و احداث به صرفه اقتصادی می باشد. برای بررسی اثر خصوصیات هیدرولیکی جریان موثر بر میزان جریان انحرافی، کانالی دو طبقه ساخته شد تا امکان تفکیک جریان عبوری از محیط متخلخل فراهم آمده و تاثیر توام عواملی همچون اندازه دانه بندی ذرات محیط متخلخل و شیب سطح بالایی محیط متخلخل در دبی های مختلف بر میزان جریان انحرافی مورد بررسی قرار گیرد. نتایج نشان داد با افزایش جریان ورودی، میزان دبی انحراف در ابتدا زیاد و سپس به تدریج به مقدار ثابتی می رسد. همچنین با افزایش شیب سطح بالایی، میزان انحراف جریان کاهش می یابد. اندازه ذرات محیط متخلخل نیز بر میزان دبی انحراف تاثیر قابل ملاحظه داشته چنانکه با افزایش اندازه ذرات، میزان دبی انحرافی روند افزایشی را نشان می دهد. نتایج آنالیز ابعادی و آزمایشگاهی برای تعیین مقدار ضریب جریان محیط متخلخل مورد استفاده قرار گرفت. همچنین رابطه ای نیز برای برآورد مقدار جریان عبوری از آبگیر کفی با محیط متخلخل پیشنهاد گردید.

واژه های کلیدی: آبگیر کفی، محیط متخلخل، ضریب شدت جریان، جریان های با سطح آزاد، کارهای انحراف آب

## 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 روش آبگیری از کف رودخانه با کف مشبک 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 و تخلیه رسوبات از سیستم، ناپایداری جریان در کانال انحراف، یخ زدن و پوسیدن است. اولین تعریف هیدرولیکی از آبگیرهای کفی توسط اورث و همکاران (۱۹۵۴) در کانالی با شیب ۲۰ درصد ارائه شده است. درایبر (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 درصد بدست آمد [۳]. در آبگیرهای کفی انتخاب رابطه ای برای برآورد دبی انحرافی هنوز نیازمند تحقیقات زیادی است. نرخ تغییر دبی انحرافی در واحد عرض با رابطه زیر بیان می شود:

$$\frac{dq}{dx} = C_d \varepsilon \sqrt{2gY} \quad (1)$$

که در آن  $dq$  دبی انحرافی در طول بخشی از شبکه طولی  $dx$  در واحد عرض،  $\varepsilon$  عبارتست از مساحت بازشدگی به مساحت کل،  $C_d$  ضریب دبی و  $Y$  مقدار مربوط به هد است. مشخصاً مقادیر  $C_d$  به تعریف هد هیدرولیکی وابسته است. روشهای مختلفی برای تخمین  $C_d$  و  $Y$  در کارهای تحقیقاتی پیشنهاد شده است. مقادیری که تاکنون به جای  $Y$  در رابطه (۱) در نظر گرفته شده شامل  $D$  مقدار محلی عمق متوسط جریان در طول کانال،  $H_0$  هد ویژه جریان عبوری از شبکه،  $D(x)$  عمق جریان محلی و  $E_0$  مقدار انرژی مخصوص در مقطع بالادست می باشد. بررسی تحقیقات انجام گرفته نشان می دهد تاکنون تعریف مشخص و ثابتی از هد هیدرولیکی مربوطه که بتوان در معادله (۱) بکار برد ارائه نشده است [۴]. در تحلیل تئوری رابطه (۱) فرض می شود که میدان جریان روی شبکه یک بعدی است [۵] و استهلاك انرژی در طول شبکه آبگیر یا خیلی جزئی است و یا در دو سوی شیب کف متعادل است [۶]. اندازه گیری سرعت سطح آزاد توسط برونلا و همکاران (۲۰۰۳) اثبات می کند که اثرات استهلاكی به جز در انتهای شبکه جزئی است. در جریان های متغیر مکانی از نوع کاهشی، کاسته شدن جریان باعث تغییرات قابل ملاحظه و آنی در جریان نمی شود و لذا افت انرژی را می توان مساوی صفر قرار داده و از معادله انرژی در روابط استفاده کرد [۷].

گرچه شیوه انحراف جریان از نظر هیدرولیکی در دو روش انحراف از طریق کف مشبک و انحراف جریان از طریق محیط متخلخل در کف با یکدیگر متفاوت است اما دارای شباهتهایی نیز می باشند. چنانکه جریان اصلی بر روی آبگیر متغیر مکانی با دبی کاهشی بوده و لذا پروفیل های تشکیل شده بسیار شبیه به هم پیش بینی می شود. اما جریان عبوری از کف مشبک رفتار روزنه ای داشته در حالیکه عبور جریان از محیط متخلخل بسته به رژیم جریان در این محیط، متغیر خواهد بود.

با کوچکتر شدن اندازه سنگدانه‌ها مقاومت در برابر جریان افزایش می‌یابد، افزایش مقاومت اصطکاکی، کاهش سرعت سیال و بالا رفتن پروفیل سطح آب در محیط سنگدانه را در پی دارد. با غیر یکنواخت شدن دانه بندی نیز اندازه متوسط منافذ کاهش یافته و طول مسیر آب افزایش می‌یابد [۸].

در هیدرولیک جریان محیط متخلخل (سنگدانه‌ای)، سرعت جریان به دو صورت تعریف می‌شود. سرعت ظاهری  $V$  که از تقسیم دبی جریان بر سطح مقطع کلی جریان (سطح عمود بر جریان شامل فضای خالی و سنگدانه) بدست می‌آید. چون در محیط متخلخل سطح مقطع جریان ثابت نیست، لذا مقدار متوسط آن در محاسبات استفاده شده و سرعت متوسط ظاهری بدست می‌آید:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

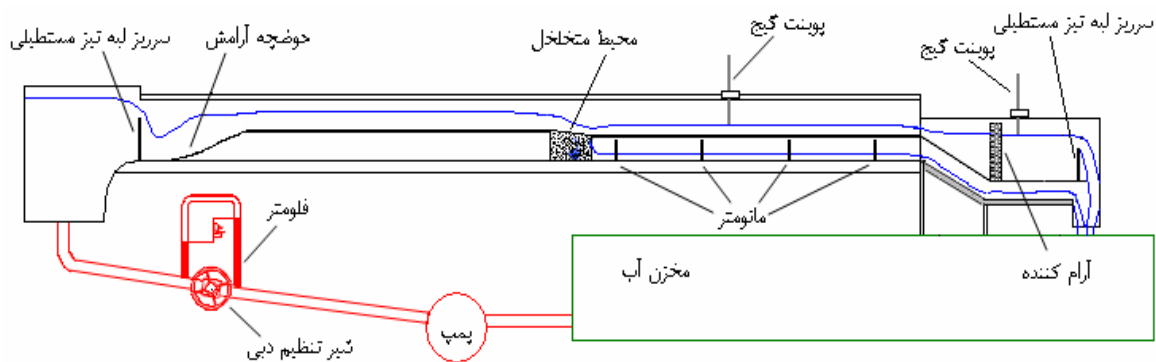
و سرعت واقعی جریان  $V_n$  که از تقسیم دبی بر سطح فضای عبوری جریان (فضای بین سنگدانه‌ها) و یا سرعت ظاهری بر تخلخل حاصل می‌شود [۹]:

$$V_n = \frac{V}{n} = \frac{Q}{nA} \quad (3)$$

در این تحقیق به بررسی خصوصیات هیدرولیکی جریان در کانال اصلی و خصوصیات هندسی ذرات محیط سنگدانه‌ای بر میزان جریان عبوری از آن پرداخته می‌شود. ارائه رابطه‌ای جهت برآورد دبی انحرافی از آبگیر کفی با محیط متخلخل و نیز تخمین ضریب گذردهی جریان از محیط متخلخل از اهداف مورد نظر می‌باشد. برای این منظور نخست پارامترهای هیدرولیکی موثر در این پدیده معرفی شده و سپس با بکارگیری آنالیز ابعادی گروه‌های بدون بعد موثر تعیین و با استفاده از برازش غیر خطی رابطه‌ای برای ضریب شدت جریان ارائه می‌شود.

## ۲. ساخت مدل آزمایشگاهی

برای ساخت مدل، از فلوم موجود در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با طول ۱۰ متر، عرض ۳۰ سانتی متر و ارتفاع ۵۰ سانتی متر استفاده گردید. دیواره فلوم از شیشه که امکان رویت جریان را فراهم می‌نمود و کف آن از ورق گالوانیزه رنگ شده ساخته شده است. به منظور قرارگیری مواد سنگدانه در فلوم موجود یک فضای خالی (ترانشه) به فاصله ۵ متر از ابتدای کانال در نظر گرفته شد. کانالی دو طبقه از ورق پلکسی‌گلس در بالادست و پایین دست محل تعیین شده برای آبگیر ساخته شد. برای تفکیک جریان عبور کرده از محیط متخلخل و جریان باقی مانده لازم بود کانال در قسمت پایین دست آبگیر کفی، دو طبقه اجرا شود طوری که جریان عبور کرده از محیط متخلخل از قسمت پایینی و جریان باقیمانده از قسمت فوقانی آن بطور مستقل عبور نمایند. 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. با نصب یک سرریز مستطیلی در پایین دست مخزن ابتدایی کانال (ورودی جریان به کانال) و سرریز دیگری در پایین دست در قسمت شیبدار آن به ترتیب میزان جریان ورودی و جریان باقیمانده (عبور نکرده از محیط متخلخل) قابل اندازه گیری شدند. دبی انحرافی از محیط متخلخل از اختلاف جریان ورودی و جریان عبور کرده از سرریز پایین دست می‌آمد. برای کاهش تلاطم جریان یک آرام کننده بعد از سرریز ابتدایی و آرام کننده دیگری قبل از سرریز پایین دست قرار داده شد. به این ترتیب جریان با سرعتی کم و بدون تلاطم زیاد ناشی از افت تراز کف کانال به سرریز نزدیک می‌گردید (شکل ۱).

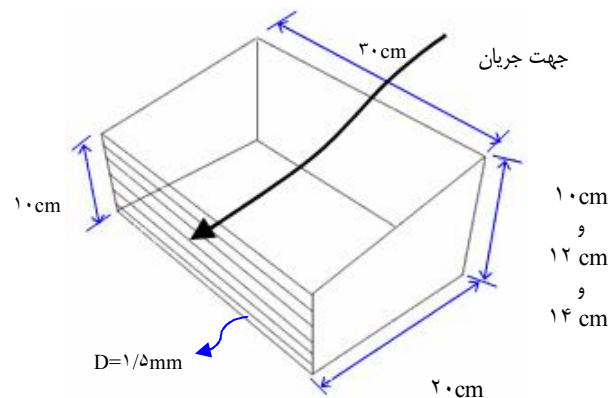


شکل (۱): نمای کلی از مدل فیزیکی آبگیر کفی با محیط متخلخل

به منظور شبیه‌سازی آبگیر کفی با محیط متخلخل، سه محفظه از جنس آهن گالوانیزه با شیب‌های سطح بالایی  $S_p$  (ناشی از اختلاف ارتفاع دیواره بالادست و پایین دست) صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد، عرض ۳۰ و طول ثابت ۲۰ سانتی متر ساخته شد. ارتفاع دیواره پایین دست ۱۰ سانتی متر انتخاب و ارتفاع دیواره بالادست مطابق با تراز کف کانال بالادست آبگیر در ارتفاع های ۱۰، ۱۲ و ۱۴ سانتیمتر تغییر می‌کرد (شکل ۲). برای جلوگیری از حرکت سنگدانه‌ها 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 میله‌هایی به قطر ۱/۵ میلی‌متر که بصورت موازی قرار گرفته و دیواره پایین دست را تشکیل می‌دادند، استفاده شد.

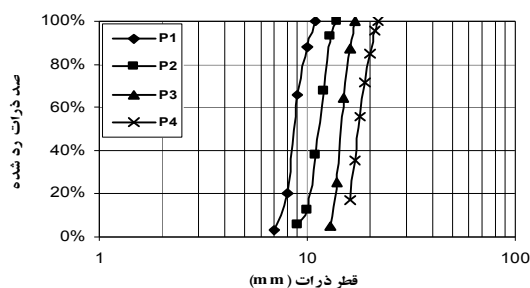


شکل (۳): نمای کلی از محیط متخلخل آبگیر



شکل (۲): نمای سه بعدی از فضای محیط متخلخل

مواد محیط متخلخل از مصالح رودخانه‌ای انتخاب شد و سپس بروش الک استاندارد ASTM دانه‌بندی گردید. چهار نوع دانه‌بندی برای محیط متخلخل با نماد P1، P2، P3 و P4 و  $d_{50}$  به ترتیب ۸/۵، ۱۱/۵، ۱۴/۵ و ۱۷/۵ میلی‌متر انتخاب شد. تا بتوان اثر اندازه ذرات محیط متخلخل را بر میزان جریان انحرافی توسط آبگیر مورد بررسی قرار داد. کنترل ضریب یکنواختی مواد دانه بندی شده نشان داد مقدار  $C_u < 1/2$  می‌باشد. غیریکنواختی ذرات موجب کاهش فضای خالی بین ذرات درشت تر در اثر قرارگیری ذرات ریزتر بین آنها گشته، کاهش جریان انحرافی را در پی خواهد داشت. منحنی دانه‌بندی مواد انتخابی در شکل (۴) آورده شده است.



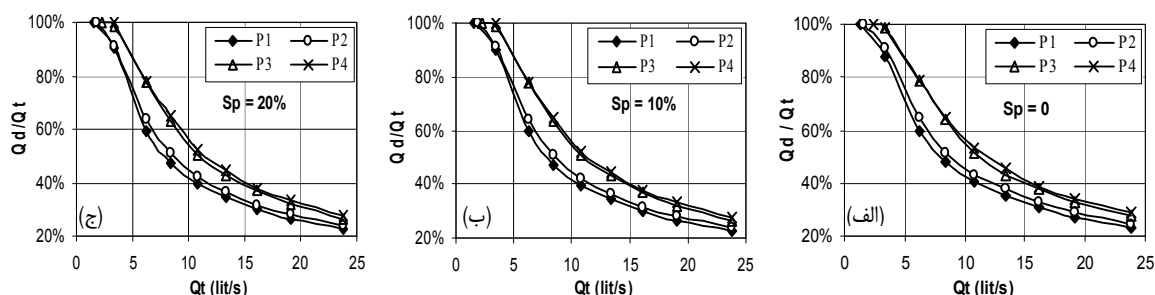
شکل (۴): منحنی دانه بندی سنگدانه ها در محیط متخلخل

اندازه گیری عمق جریان در کانال بالادست توسط پوینت گیج با دقت  $\pm 0.1$  میلیمتر و در کانال تحتانی بوسیله مانومتر با دقت  $\pm 0.5$  میلیمتر انجام می‌گرفت. در این آزمایشات  $S_0$  شیب فلوم ثابت و برابر  $0.005$  در نظر گرفته شد. تغییرات دبی جریان بین  $3/4$  تا  $23/8$  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 می‌گرفت.

### ۳. بررسی نتایج

#### ۳-۱ گذردهی جریان از محیط متخلخل

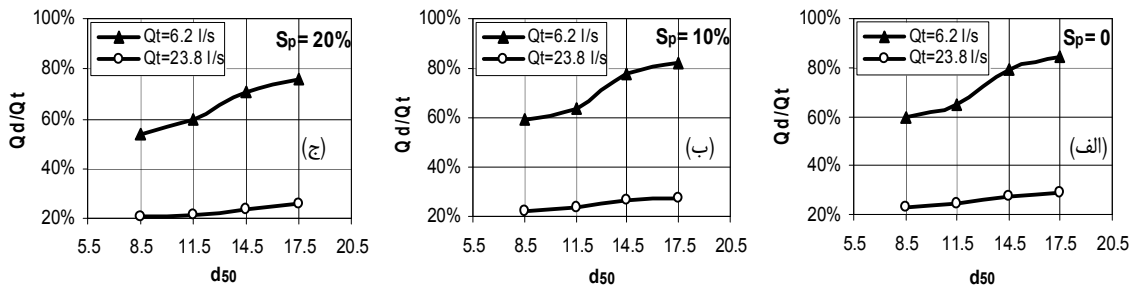
به طور کلی میزان جریان انحرافی توسط آبگیرها تابعی از میزان جریان ورودی است. در طراحی سیستم‌های انحراف همواره سعی می‌گردد شرایط به گونه‌ای ایجاد گردد تا بتوان دبی طرح را برداشت نمود. هرچند با افزایش جریان رودخانه امکان انحراف جریان بیشتری وجود دارد اما سیستم انحراف تحت هر شرایط هیدرولیکی روند یکسانی در انحراف جریان نشان نمی‌دهد. در این تحقیق با انجام آزمایشات بر روی مدل فیزیکی، نتایج مربوط به میزان انحراف جریان  $Q_d$  بر اساس میزان دبی ورودی  $Q_t$  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 می‌شود اما بتدریج و با افزایش دبی ورودی از شدت جریان انحرافی کاسته شده به مقدار ثابتی می‌رسد. مطابق با شکل (۵)، درصد افزایش دبی انحرافی با افزایش دبی ورودی کاهش می‌یابد. به عنوان مثال، در دانه بندی P1 در شیب صفر محیط متخلخل (شکل ۵ الف)، درصد دبی انحرافی  $Q_d/Q_t$  در دبی  $3/4$  lit/s برابر با  $100\%$  و در دبی  $23/8$  lit/s برابر با  $29\%$  می‌باشد.



شکل (۵): روند تغییر جریان انحرافی در برابر تغییر جریان ورودی

### ۲-۳ تاثیر اندازه مواد محیط متخلخل

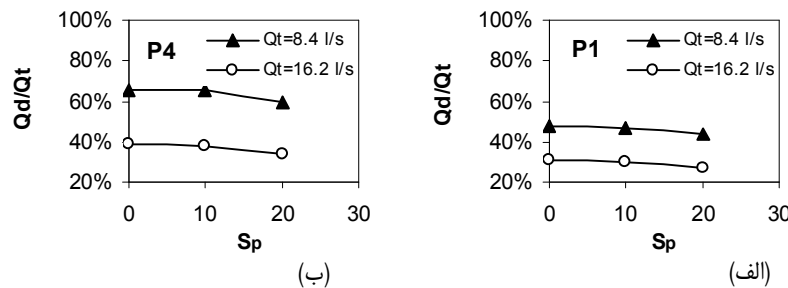
اندازه ذرات در محیط متخلخل از عوامل موثر بر میزان جریان انحرافی می‌باشد چنانکه با افزایش اندازه ذرات، درصد دبی انحرافی روند افزایشی نشان می‌دهد (شکل ۶). به عنوان مثال مقایسه دو دانه بندی P1 و P4 در  $S_p = 0$  نشان می‌دهد میزان درصد دبی انحرافی  $Q_d/Q_t$  در  $Q_t = 23.8 \text{ lit/s}$  برای P1 برابر با ۲۳٪ و برای P4 برابر با ۲۹٪ می‌باشد. روند کلی حاکی از آن است که دانه بندی P4 نسبت به دانه بندی‌های ریزتر، دبی بیشتری را از خود عبور می‌دهد که ناشی از بیشتر بودن فضاهای خالی در این دانه بندی است. همچنین در تمام  $S_p$ ها به ازاء هر مقدار مشخص از  $d_{50}$  نسبت دبی انحراف با کاهش دبی افزایش می‌یابد. از سویی روند تغییرات دبی حاکی از آنست که در دبی‌های بیشتر روند افزایش درصد جریان انحرافی با افزایش قطر متوسط ذرات از شیب کمتری برخوردار است.



شکل (۶): تاثیر اندازه مواد محیط متخلخل بر گذردهی جریان در سه شیب سطح آبگیر

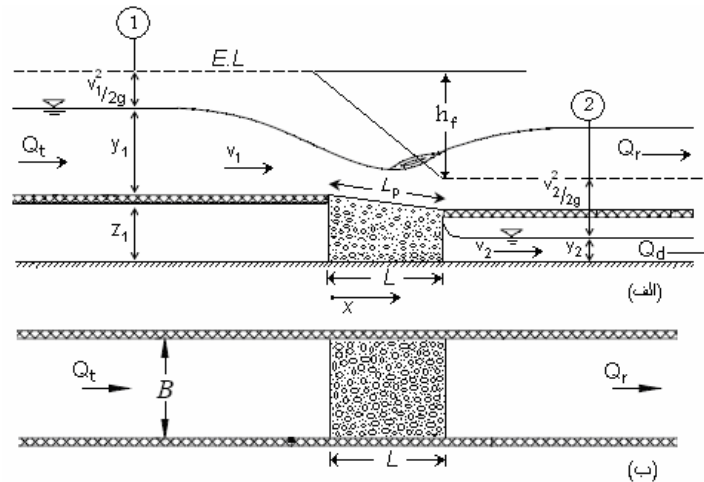
### ۳-۳ تاثیر شیب سطح بالایی محیط متخلخل

نتایج نشان می‌دهد با افزایش  $S_p$  انحراف جریان کاهش می‌یابد. در شکل (۷) مقایسه سه شیب سطح آبگیر برای دو نوع دانه بندی به صورت نمونه آورده شده است. چنانکه ملاحظه می‌گردد با افزایش  $S_p$  در هر دبی، میزان درصد دبی انحراف کاهش نشان می‌دهد که مقدار آن در دبی‌های بیشتر، بیشتر است. همچنین از مقایسه نتایج مربوط به دانه بندی P1 و P4 مشاهده می‌شود حداکثر دبی انحراف در دانه بندی کوچکتر کمتر از مقدار آن در دانه بندی بزرگتر است. بنظر می‌رسد این موضوع ناشی از مقاومت بیشتر در عبور جریان از میان ذرات ریزتر نسبت به ذرات درشت تر بوده که موجب می‌گردد مولفه افقی سرعت در لایه‌های نزدیک سطح از مقدار بیشتری نسبت به حالت دیگر برخوردار باشد و لذا جریان کمتری از محیط متخلخل عبور نماید. درصد کاهش دبی انحراف از شیب صفر به شیب ۱۰ درصد نسبت به کاهش درصد انحراف از شیب ۱۰ به ۲۰ درصد کمتر محسوس است.



شکل (۷): تاثیر شیب سطح بالایی محیط متخلخل بر گذردهی جریان در دانه بندی P1 و P4

### ۴-۳ رابطه پیشنهادی دبی انحرافی از آبگیر کفی با محیط متخلخل



شکل (۸): مشخصات هیدرولیکی انحراف جریان از آبگیر کفی با محیط متخلخل (الف) مقطع طولی آبگیر (ب) پلان آبگیر

با توجه به شکل (۸) معادله انرژی در طول خط جریان بین دو مقطع ۱ و ۲، در بالادست آبگیر و کانال انحراف به صورت زیر نوشته می شود (به علت فاصله کم بین مقطع ۱ و ۲ اثر شیب طولی کانال کم و قابل صرف نظر کردن بوده و کانال به صورت افقی فرض می شود):

$$y_1 + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f \quad (۴)$$

با توجه به شرایط آزمایشگاهی مقدار  $\frac{V_1^2}{2g}$  نسبت به  $\frac{V_2^2}{2g}$  کم بوده و می توان از آن در رابطه (۴) صرف نظر کرد. با عبور جریان از محیط متخلخل و افت انرژی در مسیر حرکت، به نظر می رسد سرعت خروجی از محیط متخلخل کمتر از سرعت ورودی باشد اما به لحاظ اختلاف ارتفاع کف کانال بالادست آبگیر و کانال انحراف و اثر نیروی ثقل، تاثیر افت بر سرعت جریان درون محیط متخلخل تعدیل شده، می توان رابطه (۴) را به صورت رابطه (۵) نوشت:

$$\frac{V_2^2}{2g} = (y_1 - y_2) + z_1 - h_f \quad (۵)$$

در رابطه (۵)،  $h_f$  افت انرژی در واحد وزن سیال در طول آبگیر می باشد. رابطه (۵) بصورت (۶) مرتب می شود:

$$V_2 = \sqrt{2g(y_1 - y_2) \left( 1 + \frac{z_1 - h_f}{y_1 - y_2} \right)} \quad (۶)$$

از آنجا که افت هد  $h_f$  نزدیک به اختلاف تراز بین سطح کانال در بالادست و سطح کانال تحتانی می باشد، می توان از مقدار  $\frac{z_1 - h_f}{y_1 - y_2}$  در رابطه (۶) صرف نظر کرد. خطای حاصل از حذف این مقدار توسط  $C_d$  ضریب دبی جریان جبران خواهد شد. با فرض نزدیک بودن مقدار سرعت متوسط درون محیط متخلخل به سرعت خروجی می توان رابطه سرعت متوسط تئوری درون محیط متخلخل را به صورت زیر معرفی کرد:

$$V = \sqrt{2g(y_1 - y_2)} \quad (۷)$$

طبق رابطه پیوستگی و با در نظر گرفتن سرعت واقعی در محیط متخلخل با توجه به رابطه (۳)، دبی انحرافی در آبگیر کفی با محیط متخلخل در واحد عرض و طول به صورت زیر می‌باشد:

$$\frac{dq}{dx} = C_d n V \quad (۸)$$

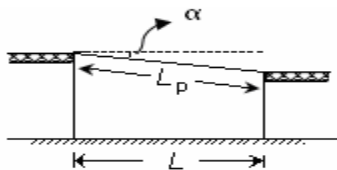
در رابطه (۸)،  $n$  تخلخل سنگدانه‌ها،  $C_d$  ضریب دبی محیط متخلخل و  $V$  سرعت متوسط تئوری جریان عبوری از محیط متخلخل می‌باشد. با انتگرال‌گیری از رابطه (۸) در طول آبگیر رابطه‌ای برای دبی انحراف در واحد عرض آبگیر به صورت زیر بدست می‌آید:

$$q_d = C_d n L V \quad (۹)$$

مقدار دبی انحراف آبگیر با جایگزینی سرعت از رابطه (۷) در رابطه (۹) به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$Q_d = C_d n L B \sqrt{2g(y_1 - y_2)} \quad (۱۰)$$

در رابطه (۱۰)،  $(y_1 - y_2)$  اختلاف سطح آب در بالادست آبگیر و کانال انحراف،  $g$  شتاب ثقل،  $L$  طول آبگیر،  $B$  عرض آبگیر،  $A = LB$  سطح مقطع آبگیر و  $A_m = nLB$  سطح مقطع جریان در محیط متخلخل سنگدانه‌ای که شامل مجموع سطح فضای خالی بین سنگدانه‌ها که سیال درون آن در صفحه‌ای عمود بر جهت جریان برقرار است. با وارد نمودن زاویه شیب سطح بالایی (شکل ۹) در رابطه (۱۰) می‌توان آن را در حالت کلی برای انواع آبگیر کفی با شیب سطح بالایی و بدون آن بکار برد (رابطه ۱۱):



شکل (۹): طول آبگیر با سطح شیبدار

$\alpha$  زاویه سطح بالایی محیط متخلخل با افق می‌باشد.

$$Q_d = C_d n B L P \sqrt{2g(y_1 - y_2)} \rightarrow Q_d = C_d n B \frac{L}{\cos \alpha} \sqrt{2g(y_1 - y_2)} \quad (۱۱)$$

### ۳-۵ آنالیز ابعادی

با بکارگیری متغیرهای هیدرولیکی و هندسی موثر بر میزان جریان انحرافی می‌توان رابطه‌ای جهت برآورد مقدار ضریب شدت جریان بدست آورد. بدین منظور ابتدا با بکارگیری آنالیز ابعادی متغیرهای بدون بعد موثر بر ضریب شدت جریان از محیط متخلخل مشخص و سپس به بررسی چگونگی تاثیر آنها پرداخته می‌شود. اندازه‌گیری مقدار جریان انحرافی در هر آزمایش و نیز مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترهای هیدرولیکی، امکان برآورد دبی جریان با استفاده از روابط تئوری و از آنجا تعیین ضریب دبی جریان را فراهم می‌کند. با صرفنظر کردن از اثرات مربوط به کشش سطحی و تراکم پذیری مایع، قانون فیزیکی حاکم بر جریان خروجی در طول آبگیر، شکل زیر را به خود می‌گیرد:

$$F(\rho, g, V_1, y_1, n, d_{50}, L, S_p, S_0, form) = 0 \quad (۱۲)$$

در رابطه (۱۲)  $\rho$  چگالی آب،  $g$  شتاب جاذبه،  $V_1$  سرعت جریان بالادست،  $y_1$  عمق جریان بالادست،  $n$  تخلخل محیط متخلخل،  $d_{50}$  قطر متوسط سنگدانه‌ها،  $L$  طول آبگیر،  $S_p$  شیب سطح بالایی محیط متخلخل،  $S_0$  شیب کانال



و  $form$  نشان‌دهنده شکل آبگیر می‌باشد. با انتخاب  $y_1$ ،  $V_1$  و  $\rho$  به عنوان متغیرهای اصلی و استفاده از قضیه II باکینگهام داریم:

$$C_d = \phi\left(\frac{y_1}{L}, \frac{y_1}{d_{50}}, Fr_1, n, S_p\right) \quad (13)$$

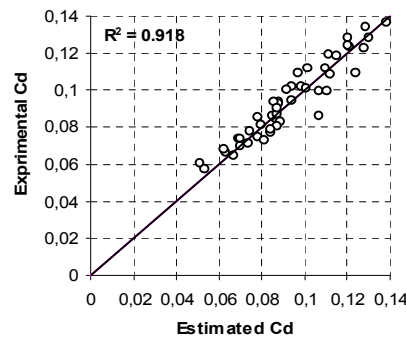
در رابطه فوق  $Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gy_1}}$  عدد فرود بالادست می‌باشد. با توجه به یکسان بودن شکل آبگیر و شیب کانال عوامل  $S_0$  و  $form$  از رابطه (۱۲) حذف شدند.

### ۳-۶ رابطه پیشنهادی ضریب دبی

با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی و روش برازش می‌توان رابطه‌ای جهت محاسبه ضریب شدت جریان ارائه کرد. به منظور بررسی توام عوامل موثر بر روند تغییرات گذردهی آبگیر کفی با محیط متخلخل، با استفاده از نرم افزار SPSS و به روش مرحله‌ای بین متغیرهای موجود برازش چند متغیره صورت گرفت. عواملی که به عنوان متغیر مستقل در معادله برازش مطالعه می‌شوند باید متغیرهای هیدرولیکی و هندسی را در برگیرند. این متغیرهای مستقل شامل کلیه متغیرهای بی‌بعد شده به روش آنالیز ابعادی می‌باشند. بهترین رابطه ضریب دبی برای آبگیر کفی با توجه به رابطه (۱۱) به صورت غیر خطی با ضریب تبیین ۹۱/۸٪ بدست آمد:

$$C_d = 3.625 \times 10^{-5} \frac{Fr_1^{0.739} \left(\frac{y_1}{d_{50}}\right)^{0.509}}{n^{8.518} \left(S_p + \frac{y_1}{L}\right)^{0.363}} \quad R^2 = 91.8\% \quad (14)$$

رابطه (۱۴) نشان می‌دهد ضریب دبی با  $Fr_1$  و  $\frac{y_1}{d_{50}}$  رابطه مستقیم داشته در حالی که با  $n$  و مجموع  $\frac{y_1}{L}$  و شیب سطح آبگیر  $S_p$  رابطه معکوس دارد. در شکل (۱۰) مقادیر  $C_d$  بدست آمده از نتایج آزمایشگاهی با نتایج بدست آمده از رابطه (۱۴) جهت مقایسه حول خط ۴۵ رسم شده اند. پراکنش ناچیز نقاط حاکی از انطباق خوب بین مقادیر ضریب دبی از رابطه (۱۴) و مقادیر آزمایشگاهی می‌باشد. در این تحقیق با توجه به رابطه ارائه شده دبی انحرافی، مقادیر بدست آمده برای ضریب دبی جریان در آزمایشگاه  $0.14 < C_d < 0.06$  بدست آمد.



شکل (۱۰): مقایسه نتایج ضریب دبی جریان آزمایشگاهی با نتایج محاسباتی از معادله (۱۴)

#### ۴. خلاصه و نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش دبی ورودی بالادست، میزان دبی انحراف روند افزایشی دارد اما روند افزایشی آن با افزایش دبی ورودی ثابت نیست و بتدریج به مقدار ثابتی خواهد رسید. اندازه ذرات محیط متخلخل نیز بر روند دبی انحراف تاثیر قابل ملاحظه داشته چنانکه با افزایش اندازه ذرات، میزان دبی انحراف روند افزایشی را نشان می‌دهد. با افزایش شیب سطح بالایی محیط متخلخل آبگیر، از میزان دبی انحراف کاسته می‌شود. در این تحقیق رابطه‌ای جهت محاسبه دبی انحرافی از آبگیر پیشنهاد گردید. همچنین با استفاده از برازش غیرخطی، رابطه‌ای برای ضریب دبی جریان برحسب پارامترهای بی بعد بدست آمده، ارائه شد. طبق نتایج، ضریب دبی جریان با عدد فرود بالادست  $Fr_1$  و نسبت عمق آب بالادست به قطر متوسط ذرات  $y_1/d_{50}$  رابطه مستقیم و با تخلخل  $n$  و مجموع نسبت عمق آب بالادست به طول آبگیر  $y_1/L$  و شیب سطح آبگیر  $S_p$  رابطه معکوس دارد. هرچند گذردهی کانال انحراف در روش جدید ارائه شده در مقایسه با آبگیر کفی با کف مشبک مقدار کمتری است اما به علت کارایی سیستم در بلند مدت، عدم نیاز به نیروی انسانی جهت نگهداری، در دسترس بودن مصالح سنگدانه‌ای در محل و اقتصادی بودن طرح، می‌توان این گزینه را به عنوان جایگزین مناسبی برای آبگیرهای کفی با کف مشبک معرفی نمود.

#### ۵. مراجع

- 1- Bouvard M, (1992), "Mobile Barrages and Intakes on Sediment Transporting Rivers", IAHR monograph series, Rotterdam, Balkema.
- ۲- فغفور مغربی محمود، رزاز مهدی (۱۳۸۵): "بررسی عددی و آزمایشگاهی رفتار هیدرولیکی آبگیرهای کفی"، هفتمین کنفرانس بین‌المللی عمران، دانشگاه تربیت مدرس.
- 3- Brunella S and W Hager and H.E Minor, (2003), "Hydraulics of bottom rack intake", Journal. of Hydraulic Engineering, ASCE, 129 (1), pp. 2-10.
- 4- Righetti M and S Lanzoni, (2008), "Experimental study of the flow field over bottom intake racks", Journal of Hydraulic Engineering, 134: 1-15.
- 5- Venkataraman P and M. S Nasser and A. S Ramamurthy, (1979), "Flow behavior in power channels with bottom diversion works", Proc., XVIII IAHR Conf, 4, pp. 115-122.
- 6- Nosedo G, (1955), "Operation and design of bottom intake racks", Proc, VI General Meeting IAHR. 3 (17), pp. 1-11.
- 7- Subramanya k, (1982), "Flow in Open Channels", New Delhi, Mc Graw-Hill Book Company.
- 8- Leps T.M, (1973), "Flow Through Rockfill in Embankment Dam Engineering", John Wiley, New York.
- 9- Li B and V.K Garga and M.H Davies, (1998), "Relationship for non Darcy flow in rockfill", Journal of Hydraulic Engineering, 120(6), pp. 206-212.