

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

بررسی رفتار هیدرولیکی جریان های شعاعی سطح آزاد در محیط های متخلخل درشت دانه

الهام حاتم خانی^{1*}، علی محمد رجبی²، جلال صادقیان³

1- کارشناس ارشد سازه های هیدرولیکی گروه عمران دانشگاه قم

2- عضو هیات علمی گروه زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک دانشگاه تهران

3- عضو هیات علمی گروه سازه های هیدرولیکی دانشگاه بوعلی سینا همدان

elhamhatamkhani@yahoo.com

خلاصه

با انتقال جریان از حالت آرام به انتقالی و یا آشفته، عدد رینولدز از مقدار بحرانی خود فراتر رفته و قانون داری اعتبار خود را از دست می دهد. حرکت سیال در چنین شرایط فیزیکی به جریان های غیرداری موسوم است. مطالعات نشان می دهد رابطه فورس هایمر، کارایی لازم را در تحلیل رفتار هیدرولیکی جریان- های شعاعی سطح آزاد ندارد. زیرا در این نوع جریان ها علاوه بر دو پارامتر سرعت و گرادیان هیدرولیکی، متغیر شعاع نیز به دلیل تغییرات سطح مقطع باید به عنوان یک پارامتر مستقل در نظر گرفته شود. در این مقاله به منظور بررسی تحلیل جریان های غیر خطی شعاعی با سطح آزاد و معرفی رابطه ای سازگار با این نوع جریان ها، از یک مدل آزمایشگاهی شامل نوعی مصالح درشت دانه استفاده شده است. مدل مورد نظر به صورت نیم استوانه، شرایطی را فراهم می آورد که جریان شعاعی به سمت مرکز یک چاه امکان پذیر شود. سپس با سه روش متفاوت تفاضل شعاع های متوالی، ثابت گرفتن شعاع کوچک و شعاع بزرگ، گرادیان هیدرولیکی در نقاط مختلف مدل آزمایشگاهی به دست آمده است. نهایتاً با استفاده از داده های (رگرسیون) اندازه گیری شده در آزمایشگاه و تحلیل نتایج، رابطه ای معرف رفتار جریان شعاعی سطح آزاد پیشنهاد شده است. صحت سنجی رابطه پیشنهادی با استفاده از داده های آزمون نشان می دهد رابطه معرفی شده در محدوده داده های مورد استفاده، از اعتبار مناسبی برخوردار است.

کلمات کلیدی: گرادیان هیدرولیکی، رفتار هیدرولیکی، فورس هایمر، محیط متخلخل، جریان شعاعی

1. مقدمه

معادلات مربوط به جریان سیال در محیط های متخلخل کاربردهای فراوانی در بخش های مختلف علوم مهندسی از جمله سدهای سنگریزه ای، بندهای انحرافی، گابیون ها، موج شکن ها، فیلترها و مخازن آب زیرزمینی دارد. به طور کلی جریان سیال به دو گروه جریان های داری (خطی) و غیرداری (غیر خطی) طبقه بندی می شود. توصیف هیدرولیکی جریان های داری توسط رابطه داری انجام می شود که فقط در بازه محدودی از اعداد رینولدز دارای اعتبار است. با تبدیل جریان از حالت آرام به انتقالی و آشفته، عدد رینولدز از مقدار بحرانی خود تجاوز کرده و از آن پس قانون داری اعتباری ندارد. جریان سیال در چنین شرایط فیزیکی به جریان غیرداری موسوم است. [1,2]

جریان های غیرخطی در محیط های متخلخل درشت دانه را می توان به دو گروه اصلی تقسیم کرد؛ در گروه اول یا جریان موازی، خطوط جریان تقریباً موازی بوده و هیچ انحنای یا انقباضی در خطوط جریان در پلان وجود ندارد. این نوع جریان ها در هر دو حالت تحت فشار (جریان های محبوس که با سطح آزاد در تماس نیستند) و سطح آزاد (جریان های در تماس با سطح آزاد) اتفاق می افتد. به عنوان مثال جریان های عبوری از سفره های محبوس و سدهای خاکی در این گروه طبقه بندی می شوند. (Venkataraman & Roma Mohan Rao (2000) و Reddy (2006) به ترتیب معادلات 1 و 2 را به عنوان معادلات حاکم بر جریان های موازی پیشنهاد کردند.

$$I = a_c V + b_c V^2 \quad (1)$$

$$\mathbf{I} = \mathbf{a}_c \mathbf{V}_1 + \mathbf{b}_c \mathbf{V}_2 \quad (2)$$

در این روابط \mathbf{I} گرادیان هیدرولیکی، \mathbf{V}_1 و \mathbf{V}_2 سرعت متوسط و \mathbf{a}_c و \mathbf{b}_c مقادیر ثابت هستند. در گروه دوم از جریان های غیرداری، خطوط جریان در طول مسیر منقبض و به عنوان جریان های شعاعی (همگرا) شناخته می شوند. این جریان ها نیز در هر دو حالت تحت فشار و سطح آزاد یافت می شوند. جریان از میان فیلترهای شنی مورد استفاده در فرایند تصفیه آب به عنوان مثالی از جریان شعاعی (همگرا) تحت فشار است. [3,5,4]

در جریان های شعاعی برخلاف جریان های موازی فشرده گی خطوط جریان وجود دارد. در جریان های شعاعی سطح آزاد، فشرده گی خطوط جریان در مسیر حرکت، باعث تورم جریان می گردد. [6,7,8] Sadeghian and Khayat Kholghi and et al (2013) رابطه 3 را به عنوان یک مدل پیشنهادی برای توصیف جریان های شعاعی ارائه دادند.

$$i_{cf} = a_{cf} V_{ave} + b_{cf} V_{ave}^2 \quad (3)$$

که در آن i_{cf} گرادیان هیدرولیکی، V_{ave} سرعت متوسط و a_{cf} ، b_{cf} ضرایب ثابت رابطه هستند. رفتار هیدرولیکی جریان های موازی و شعاعی کاملاً با یکدیگر متفاوت است. از جمله این تفاوت ها، ثابت و متغیر بودن سطح مقطع جریان به ترتیب در جریان موازی و شعاعی است. این تفاوت معمولاً در کاربردهای معادلات حاکم بر جریان های شعاعی لحاظ نمی شود و همچنان رفتار هیدرولیکی جریان از طریق روابط خطی اصلاح شده از رابطه پایه داری مورد بررسی قرار می گیرد. با توجه به وجود مصادیق عملی جریان های شعاعی از جمله پمپاژ از چاه های آب و نفت موجود در بسترهای آبرفتی درشت دانه غیرمحصور و ضرورت اصلاح روش های محاسباتی که توسط محققین به صورت روابط خطی اصلاح شده از رابطه خطی داری ارائه شده است [5]، و هم اکنون در بررسی رفتار هیدرولیکی جریان های غیرخطی مورد استفاده قرار می گیرند، ضرورت توسعه این روابط که بتوانند رفتار جریان های شعاعی را به خوبی مدل کنند وجود دارد. در این مقاله به منظور توصیف رفتار جریان های شعاعی سطح آزاد در محیط های متخلخل درشت دانه، با استفاده از یک مدل فیزیکی آزمایشگاهی رابطه ای تجربی معرفی می شود که تا حد امکان در شرایط مشخصی از محیط متخلخل و سیال مورد استفاده قرار گیرد.

2. مواد و روش ها

در این مطالعه به دلیل سازگاری و انطباق بیشتر مختصات استوانه ای با فیزیک مسائل مربوط به جریان های شعاعی از شکل کلی استوانه در ساخت مدل استفاده شده است. نیم استوانه بودن مدل شرایطی را فراهم می آورد که جریان همگرا (شعاعی) به سمت مرکز یک چاه امکان پذیر شود. مدل فیزیکی ساخته شده در آزمایشگاه به صورت یک نیم استوانه، با قطر و ارتفاع به ترتیب 6 و 3 متر تهیه شده است. شکل 1 شماتیکی از مدل آزمایشگاهی مورد استفاده نشان می دهد.

بمنظور انجام هر آزمایش ابتدا مخزن مدل تا عمق مشخصی پر می شود. عمق های مورد آزمایش به ترتیب 52، 70، 85، 95، 110، 120، 140، 150 و 160 سانتی متر است. بعد از انجام هر آزمایش داده های قرائت شده برای اعماق و ترازهای مختلف ثبت شده اند.

در مدل های فیزیکی مورد استفاده برای مطالعه جریان های موازی سطح مقطع ثابت است و لذا گرادیان هیدرولیکی بین هر دو نقطه متوالی محاسبه می شود. در صورتی که در جریان های شعاعی سطح مقطع متغیر است. بر این اساس در این مطالعه گرادیان هیدرولیکی با سه روش متفاوت، تفاضل متوالی شعاع ها ($R_1 - R_2$)؛ روش (I)، ثابت گرفتن شعاع کوچک ($R_1 - R_{min}$)؛ روش (II) و ثابت گرفتن شعاع بزرگ ($R_1 - R_{max}$)؛ روش (II) و ثابت گرفتن شعاع بزرگ ($R_1 - R_{max}$)؛ روش (III) محاسبه شده است. در جداول 4 تا 6 مقادیر نمونه گرادیان هیدرولیکی مشاهده شده (i_{obs}) در عمق و تراز به ترتیب 85 و 20 سانتیمتر برای هر سه روش مورد نظر آورده شده است.



شکل 1- شماتیکی از مدل فیزیکی مورد استفاده در این مطالعه

جدول 4- مقادیر i_{obs} با استفاده از روش (I) در عمق 85 سانتی متر در تراز 20 سانتی متر

i_{obs}^*	Δl	ΔH	H	R	r(cm)	v(m/s)
0/011	45	0/5	85/1	202/5	225	0/009
0/005	40	0/2	84/6	160	180	0/012
0/011	35	0/4	84/4	122/5	140	0/016
0/02	30	0/6	84	90	105	0/022
0/024	25	0/6	83/4	62/5	75	0/032

*: گرادیان هیدرولیکی مشاهده شده (i_{obs}) از نسبت اختلاف فشار پیزومتریک بین دو نقطه متوالی ($\Delta H = h_1 - h_2$) و فاصله شعاعی آن دو نقطه بدست می‌آید. در محاسبات از شعاع متوسط ($R = r_1 + r_2/2$) استفاده شده است.

جدول 5- مقادیر i_{obs} با استفاده از روش (II) در عمق 85 سانتی متر در تراز 20 سانتی متر

i_{obs}^*	Δl	ΔH	H	R	r(cm)	v(m/s)
0/013	175	2/3	85/1	137/5	225	0/023
0/013	130	1/8	84/6	115	180	0/024
0/017	90	1/6	84/4	95	140	0/026
0/021	55	1/2	84	77/5	105	0/028
0/024	25	0/6	83/4	62/5	75	0/032

*: گرادیان هیدرولیکی مشاهده شده (i_{obs}) از نسبت اختلاف فشار پیزومتریک بین هر نقطه و نقطه‌ی دارای کمترین شعاع ($\Delta H = h - h_{min}$) و فاصله شعاعی آن دو نقطه ($\Delta l = R - R_{min}$) بدست می‌آید. در محاسبات از شعاع متوسط ($R = r_1 + r_2/2$) استفاده شده است.

جدول 6- مقادیر i_{obs} با استفاده از روش (III) در عمق 85 سانتی متر در تراز 20 سانتی متر

i_{obs}^*	Δl	ΔH	H	R	r(cm)	v(m/s)
0/011	45	0/5	84/6	202/5	180	0/009
0/018	85	0/7	84/4	182/5	140	0/011

0/019	120	1/1	84	165	105	0/013
0/011	150	1/7	83/4	150	75	0/017
0/013	175	2/3	82/8	137/5	50	0/023

*: گرادیان هیدرولیکی مشاهده شده (i_{obs}) از نسبت اختلاف فشار پیزومتریک بین هر نقطه و نقطه ی دارای بیشترین شعاع ($\Delta H = h_{max} - h$) و فاصله شعاعی آن دو نقطه ($\Delta l = R_{max} - R$) بدست می آید. در محاسبات از شعاع متوسط ($R = r_1 + r_2/2$) استفاده شده است.

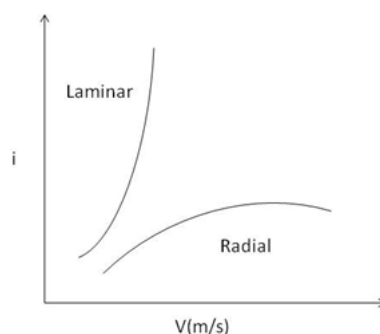
4. نتایج و بحث

با استفاده از گرادیان هیدرولیکی و سرعت متوسط به دست آمده از داده های آزمایشگاهی، ضرایب a و b در معادله دوجمله ای فورس هایمر در ترازها و اعماق مختلف محاسبه شده است. جدول 6 مقادیر نمونه وار ضرایب a و b برای ترازهای 20 و 35 در عمق آب 52 سانتی متر را نشان می دهد. بررسی نتایج بدست آمده نشان می دهد که برخلاف معادله پایه فورس هایمر، ضریب غیرخطی b (که معرف شیب منحنی گرادیان هیدرولیکی - سرعت ($i-v$) است و مقدار مثبتی است) مقادیر منفی را نشان می دهد جدول 7 و شکل 3.

جدول 7- مقادیر محاسبه شده ضرایب ثابت a و b فورس هایمر برای تراز 20 و 35 سانتی متر در عمق 52 سانتی متر

a	b	Z(cm)
1/311	-7/310	20

همانطور که پیشتر ذکر شد رفتار هیدرولیکی جریان های موازی و شعاعی کاملاً با یکدیگر متفاوت است. یکی از این تفاوت ها، ثابت و متغیر بودن سطح مقطع جریان در جریان های موازی و شعاعی است. این موضوع تعیین کننده نوع تغییرات بین سرعت و گرادیان هیدرولیکی در طول مسیر جریان و در شکل منحنی سرعت - گرادیان هیدرولیکی ($i-v$) است. براین اساس در جریان های موازی سطح مقطع جریان در طول مسیر ثابت است، در نتیجه تغییرات گرادیان هیدرولیکی در طول مسیر جریان بیشتر از تغییرات سرعت می باشد. در حالی که در جریان های شعاعی، سطح مقطع جریان در طول مسیر ثابت نیست و در نتیجه تغییرات سرعت بیشتر از تغییرات گرادیان هیدرولیکی نظیر است. منحنی سرعت - گرادیان هیدرولیکی ($i-v$) جریان های موازی (معادله فورس هایمر) در **Error!** **Reference source not found.** نمایش داده شده است که متمایل به محور قائم گرادیان هیدرولیکی (i) می باشد و نشان دهنده تغییرات بیشتر گرادیان هیدرولیکی نسبت به سرعت (v) در جریان های موازی است. در حالی که در جریان های شعاعی تغییرات سرعت بیشتر از تغییرات گرادیان هیدرولیکی بوده و انتظار می رود منحنی سرعت - گرادیان هیدرولیکی ($i-v$) به سمت محور افقی سرعت، متمایل باشد. **Error!** **Reference source not found.**



شکل 3- منحنی سرعت - گرادیان هیدرولیکی ($i-v$) مربوط به جریان موازی و شعاعی

با توجه به معادله فورس هایمر پارامتر a و b در نمودار گرادیان هیدرولیکی - سرعت متوسط، به ترتیب معرف عرض از مبدأ و شیب منحنی است. فرم تابعی این معادله به دلیل مثبت بودن مقدار b نشان دهنده تقعر به سمت بالا و در نتیجه مثبت بودن شیب منحنی است. این موضوع در نمودارهای مربوط به جریان های موازی کاملاً صادق است شکل 2. در این مطالعه با بررسی جریان های شعاعی این تناقض آشکار شده است که در این نوع جریان پارامتر غیرخطی b دارای مقدار منفی بوده (جدول 6) و در نتیجه منحنی گرادیان هیدرولیکی - سرعت متوسط تقعر به سمت پایین و در نتیجه شیب منفی را نشان می دهد. این موضوع با اصل معادله دوجمله ای فورس هایمر متناقض بوده و لذا با استفاده از این معادله نمی توان رفتار جریان های شعاعی را مشابه جریان های موازی مطالعه کرد. بر این اساس در این مطالعه با استفاده از مدل آزمایشگاهی یک رابطه جایگزین توسعه یافته است. در جریان های شعاعی برخلاف جریان های موازی، سطح مقطع جریان نیز از نقطه ای به نقطه دیگر متغیر است، لذا به منظور جستجوی رابطه مورد نظر جهت تحلیل رفتار جریان های شعاعی سطح آزاد، برخلاف دوجمله ای فورس هایمر علاوه بر متغیر مستقل سرعت (v) و متغیر وابسته گرادیان هیدرولیکی (i)، متغیر مستقل شعاع نیز جهت بررسی تغییرات سطح مقطع وجود دارد. به منظور بررسی و ارائه رابطه مورد جستجو، بخشی از داده های مربوط به قرائت های آزمایشگاهی در اعماق 52، 70، 85 و 95 برای ترازهای 20، 35، 55، 80، 105، 130 و 155 می باشند به عنوان داده های آزمون و صحت سنجی در نظر گرفته شده است. بر این اساس با استفاده از داده های رگرسیون (قرائت شده در شرایط مختلف در آزمایشگاه جداول 2 الی 6)، شامل متغیرهای گرادیان هیدرولیکی، شعاع و سرعت و همچنین با کمک نرم افزارهای آماری معمول، روابط (4)، (5) و (6) به ترتیب برای روش های (I)، (II) و (III) به منظور پیش بینی گرادیان هیدرولیکی i_{pre} بدست آمدند. با استفاده از این روابط، گرادیان هیدرولیکی پیش بینی شده i_{pre} به صورت نمونه وار برای عمق و تراز به ترتیب 85 و 20 سانتی متر محاسبه شده است. این مقادیر در جداول 8 الی 10 نشان داده شده اند.

$$i_{pre} = \frac{V}{-a + bR} \quad (4)$$

$$i_{pre} = aR^{-b/v} \quad (5)$$

$$i_{pre} = V / (a - bR^2) \quad (6)$$

که در این روابط i_{pre} گرادیان هیدرولیکی پیش بینی شده، R شعاع متوسط، V سرعت متوسط و a, b ضرایب ثابت می باشند.

جدول 8- مقادیر i_{pre} با استفاده از روش (I) در عمق 85 سانتی متر در تراز 20 سانتی متر

i_{pre}	i_{obs}	R	r(cm)	v(m/s)
0/006	0/011	202/5	225	0/009
0/008	0/005	160	180	0/012
0/012	0/011	122/5	140	0/016
0/017	0/02	90	105	0/022
0/028	0/024	62/5	75	0/032

جدول 9- مقادیر i_{pre} با استفاده از روش (II) در عمق 85 سانتی متر در تراز 20 سانتی متر

i_{pre}	i_{obs}	R	r(cm)	v(m/s)
0/013	0/013	137/5	225	0/023
0/014	0/013	115	180	0/024
0/017	0/017	95	140	0/026

0/020	0/021	77/5	105	0/028
0/024	0/024	62/5	75	0/032

 جدول 10- مقادیر i_{pre} با استفاده از روش (III) در عمق 85 سانتی متر در تراز 20 سانتی متر

i_{pre}	i_{obs}	R	r(cm)	v(m/s)
0/010	0/011	202/5	180	0/009
0/009	0/008	182/5	140	0/011
0/009	0/009	165	105	0/013
0/010	0/011	150	75	0/017
0/013	0/013	137/5	50	0/023

در این مطالعه با استفاده از درصد تغییرات ضرایب تجربی روابط، ضریب نش (E) و ریشه میانگین خطای مربع (RMSE) کارایی سه روش مذکور مورد بررسی قرار گرفته است.

درصد تغییرات ضرایب a و b مورد استفاده در محاسبه گرادیان برحسب سه روش ذکر شده در جدول 11 نشان داده شده است. با توجه به این مقادیر، استفاده از روابط 4 و 5 به ترتیب مربوط به روش های (I و II؛ تفاضل شعاع های متوالی و ثابت گرفتن شعاع کوچک) به دلیل درصد تغییرات زیاد ضرایب تجربی مناسب نمی باشند. با توجه به جدول 11 درصد تغییرات ضرایب a و b در روش (III) به ترتیب برابر با 0.128 و 0.301 است. با توجه به این مقادیر، محاسبه گرادیان هیدرولیکی برحسب ثابت گرفتن شعاع بزرگ به دلیل درصد تغییرات کمتر ضرایب تجربی با استفاده از رابطه 6 مناسب تر از دو رابطه دیگر است.

جدول 11- درصد تغییرات ضرایب a و b در سه روش مذکور

a	B	درصد تغییرات
0/671	0/236	روش (I)
0/294	0/173	روش (II)
0/128	0/301	روش (III)

ضریب نش (E) برای سنجش توان پیش بینی هیدرولوژیکی به کار می رود و در محدوده 1 تا منفی بی نهایت به صورت رابطه (7) تعریف می شود. مقدار ریشه میانگین خطای مربع یا RMSE نیز مطابق با رابطه 8 محاسبه شده است.

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (N_{i(0)} - N_{i(p)})^2}{\sum_{i=1}^n (N_{i(0)} - N_m)^2} \quad (7)$$

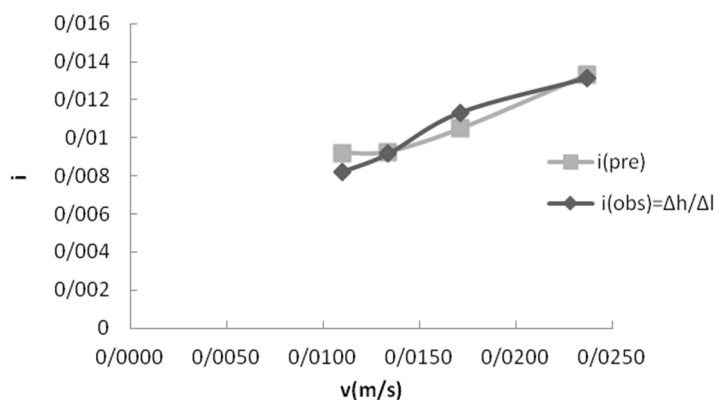
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_{i(0)} - N_{i(p)})^2}{n}} \quad (8)$$

در روابط بالا $N_{i(0)}$ ، $N_{i(p)}$ و N_m به ترتیب مقادیر مشاهده شده، پیش بینی شده و میانگین و n تعداد داده ها است. نزدیک تر بودن E و RMSE به ترتیب به 1 و 0 معرف عملکرد مناسب تر مدل یا رابطه مورد مطالعه است. جدول (12) مقادیر E و RMSE را برای ارزیابی سه روش مذکور، مربوط به اعماق و ترازهای مختلف نشان می دهد. با توجه به این جدول مقادیر E و RMSE مربوط به روش (III) به ترتیب به 1 و 0 نزدیک تری باشند.

جدول 12- مقادیر E و RMSE در سه روش مذکور

عمق (cm)	z(cm)	RMSE			E		
		(I)	(II)	(III)	(I)	(II)	(III)
52	20	0/0118	0/0007	0/0007	1/0004	1/00008	0/9989
52	35	0/0123	0/0013	0/0007	1/0042	0/9997	0/9993
70	20	0/0082	0/0009	0/0005	1/0013	0/9994	0/9989
70	35	0/0093	0/0007	0/001	1/0016	0/9995	1/0006
70	55	0/0071	0/0004	0/0219	1/0009	1/0002	0/9452
85	20	0/0949	0/0008	0/0006	0/9701	1/0004	0/9991
85	35	0/0057	0/0005	0/0005	1/0005	0/9998	1/0003
85	55	0/0041	0/0007	0/0002	1/0002	0/9993	1/0004
85	80	0/0053	0/0004	0/00057	1/0004	1/0002	1/0007
95	20	0/0044	0/0002	0/0003	1/0002	0/9999	1/0005
95	35	0/8354	0/0003	0/0005	-1/3493	1/0001	1/0009
95	55	0/8372	0/0002	0/0005	-1/3519	0/9998	0/9998
95	80	0/0043	0/0003	0/000629	1/0002	1/0003	1/003

به عنوان نمونه، داده های جدول 10 مربوط به روش (III) (رابطه 6)؛ در شکل (4) به صورت رابطه بین مقادیر i_{pre} و i_{obs} نسبت به سرعت متوسط نشان داده شده است. مقادیر RMSE و E به دست آمده در جدول (12) به ترتیب برابر است با 0.0006 و 0.9991 می باشد که نشان دهنده نزدیک بودن مقادیر i_{pre} به i_{obs} ضمن استفاده از رابطه 6 می باشد



شکل 4- نمودار (i-v) در عمق 85 سانتی متر در تراز 20 سانتی متر

با توجه به موارد ذکر شده رابطه (6) بعنوان رابطه ای مناسب به منظور توصیف رفتار جریان شعاعی سطح آزاد معرفی می شود. به منظور بررسی میزان انطباق مقادیر حاصل از نتایج آزمایشگاهی (مقادیر مشاهده شده) با مقادیر پیش بینی شده با استفاده از رابطه (6)، با استفاده از داده های آزمون که

به همین منظور در نظر گرفته شده اند صحت سنجی انجام شده است. برای صحت سنجی معادله (6) می بایست مقادیر ضرایب ثابت a, b برای مصالح مورد آزمایش تعیین شوند. جدول (13) ضرایب a, b و میانگین آنها را مربوط به داده های آزمون نشان می دهد.

جدول 13- ضرایب a, b مورد استفاده در محاسبه گرادیان براساس رابطه 6 برای مصالح مورد آزمایش در این مطالعه

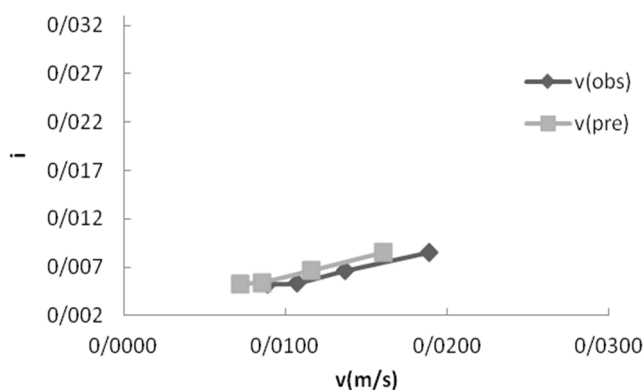
a	B	z(cm)	عمق (cm)
۲/۵۴۲	۴/۰۵×۱۰ ^{-۵}	۲۰	۸۵
۲/۵۲۱	۳/۵۸×۱۰ ^{-۵}	۵۵	۸۵
۲/۴۵۸	۳/۵۳×۱۰ ^{-۵}	۸۰	۸۵
۲/۳۹۴	۲/۸۴×۱۰ ^{-۵}	۲۰	۹۵
۲/۴۰۹	۲/۹۶×۱۰ ^{-۵}	۳۵	۹۵
۲/۷۲۴	۴/۰۷×۱۰ ^{-۵}	۵۵	۹۵
۲/۷۴۸	۳/۸۲×۱۰ ^{-۵}	۸۰	۹۵
۲/۵۴۲	۳/۵۴۶×۱۰ ^{-۵}	a, b	میانگین ضرایب

با استفاده از میانگین ضرایب تجربی a, b و جایگذاری آنها در معادله 6، معادله ای مبنای انجام صحت سنجی رابطه پیشنهادی برای مصالح مورد آزمایش به صورت رابطه (7) به دست آمده است.

$$i = V / (2.542 - 3.546 \times 10^{-5} R^2) \quad (7)$$

که در این رابطه i گرادیان هیدرولیکی، R شعاع متوسط، V سرعت متوسط می باشند.

با استفاده از مقادیر گرادیان هیدرولیکی مشاهده ای به دست آمده برحسب روش (III) و مقادیر شعاع متوسط (R)، سرعت جریان مطابق با رابطه (7) پیش بینی شده است (v_{pre}). **Error! Reference source not found.** رابطه بین گرادیان هیدرولیکی و سرعت های مشاهده ای و پیش بینی شده را نشان می دهد که معرف انطباق قابل قبول این دو نمودار است. مطابق با شکل 5 اختلاف بین مقادیر v_{obs} (میانگین سرعت بین هر نقطه و دورترین نقطه به مرکز چاه) و v_{pre} (بدست آمده از رابطه 7) کم است. بر این اساس معادله 6 به عنوان رابطه ای مناسب جهت تحلیل رفتار هیدرولیکی جریان های شعاعی سطح آزاد معرفی می شود.



شکل 5- نمودار ($i-v$) در عمق 110 سانتی متر در تراز 20 سانتی متر

4. نتیجه گیری

معادلات مربوط به جریان سیال در محیط‌های متخلخل کاربردهای فراوانی در بخش‌های مختلف علوم مهندسی از جمله سدهای سنگریزه ای، بندهای انحرافی، گابیون‌ها، موج شکن‌ها، فیلترها و مخازن آب زیرزمینی دارد. رفتار هیدرولیکی جریان‌های موازی و شعاعی کاملاً با یکدیگر متفاوت است. از جمله این تفاوت‌ها، ثابت و متغیر بودن سطح مقطع جریان به ترتیب در جریان‌های موازی و شعاعی است. این موضوع تعیین‌کننده نوع تغییرات بین سرعت و گرادیان هیدرولیکی در طول مسیر جریان و در شکل منحنی سرعت-گرادیان هیدرولیکی (i-v) است. منفی شدن ضریب غیرخطی معادله دو جمله‌ای فورس‌هایمر در کاربرد‌های عملی جریان‌های شعاعی و از طرفی عدم اعتبار این معادله در توصیف رفتار جریان‌های شعاعی سطح آزاد در محیط‌های متخلخل درشت‌دانه، ضرورت توسعه معادله جدیدی که بتواند در این محیط‌ها کاربرد داشته باشد را تبیین می‌کند. بر این اساس، در این مطالعه با توسعه یک مدل فیزیکی نیم‌استوانه‌ای، جریانی شعاعی به سمت مرکز یک چاه مدل‌سازی شد. سپس پارامترهای مختلف جریان از جمله دبی، گرادیان هیدرولیکی، سرعت، فاصله شعاعی از مرکز مدل در اعماق و ترازهای مختلف اندازه‌گیری شد. در ادامه با انتخاب یک سری از داده‌ها به عنوان داده‌های رگرسیون با در نظر گرفتن سه روش؛ تفاضل شعاع‌های متوالی، ثابت گرفتن شعاع کوچک و ثابت گرفتن شعاع بزرگ روابط مختلفی به منظور پیش‌بینی گرادیان هیدرولیکی بدست آمد. مقایسه روابط به دست آمده و صحت سنجی نتایج حاصل از روابط مذکور نشان داد فرم تابعی رابطه $i = V / (a - bR^2)$ برای تحلیل رفتار هیدرولیکی جریان‌های شعاعی سطح آزاد رابطه مناسبی است. این مطالعه در یک بستر با دانه بندی مشخص و با یک دبی از قبل تعیین شده و در شرایط آزمایشگاه انجام شده است و رخ داد این حالت در محیط طبیعی با آنچه در این مطالعه انجام شده است اندکی متفاوت است.

5. مراجع

1. Bazargan, J and Zamanisabzi H, "Application of flow Dimensionless Number for Analysis of Laminar, Transitional and Turbulent Flow through Rock-fill Materials" vol. 2, No. 7, (2011).
2. طاحونی، ش، اصول مهندسی ژئوتکنیک (مکانیک خاک)، انتشارات پارس آیین، جلد اول، 1378.
3. Reddy, N.B. (2006) "Convergence factors effect on non-uniform flow through porous media", IE(I) Journal- CV, Vol. 86, February.
4. Venkataraman, P. and Roma Mohan Rao, P. (2000) "Validation of Forchheimer law for flow through porous Media with converging boundaries", J. of Hydr. Engrs. ASCE. Jan 2000, 63-71.
5. Jalal Sadeghian, Majid Khayat Kholghi, Abdolhosein Horfar, Jalal Bazargan, (2013) "Comparison of Binomial and Power Equations in Radial Non-Darcy Flows in Coarse Porous Media" JWSR Journal- Vol.5, No.1, Spring 2013, 65- 75.
6. صادقیان، ج، "تحلیل جریان‌های غیرداریسی شعاعی در بسترهای آبرفتی درشت‌دانه"، پایان‌نامه دوره دکتری، پردیس کشاورزی دانشگاه تهران، ایران، تابستان 1392.
7. بازرگان، ج، بیات، ح، "تعیین ضرایب معادله غیرخطی جریان در پی‌های آبرفتی درشت‌دانه"، مجله استقلال، 1380.
8. شعاعی، س. م، "بررسی کاربرد تئوری جریان‌های متغیر تدریجی در تحلیل جریان‌های غیرخطی درون مصالح سنگریزه‌ای"، پایان‌نامه دوران کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، پاییز 1383.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله