

اثر توزیع المانهای زبری بر ضریب زبری مانینگ n

حمیدرضا تدین فر^۱
محمود فغفور مغربی^۲

چکیده

یکی از مهم ترین پارامترهای بررسی رفتار رودخانه ها، پارامتر مقاومت در برابر جریان است. تاکنون برای یافتن ضریب مقاومت در برابر جریان تلاشهای زیادی صورت گرفته و روشهای مختلفی نیز ارائه شده است. اما از آنجایی که در طبیعت پراکندگی زبریها بسیار نامشخص، تصادفی و از یک مقطع به مقطع دیگر تفاوتها فاحش می باشد، رابطه ای که بتواند اثرات کلی زبریها را با همه رفتارهای غیر خطی مقاومتی در برابر جریان بیان کند، کار ساده ای نخواهد بود. به نظر می رسد باید به گونه ای مشخص اثر توزیع و اندازه المانهای زبری در روابط پیشنهادی لحاظ گردد. در مقاله حاضر در یک فلوم آزمایشگاهی اقدام به شبیه سازی بستر یک رودخانه گردیده است که تحت حالت های مختلف زبری از نظر توزیع، اندازه و دبی های مختلف قرار گرفته، سپس بر اساس یک تحلیل آماری بهترین ضریب زبری مانینگ، با استفاده از اطلاعات تمامی بازه ها بدست آورده شده است. نتایج نشان می دهد زمانیکه تمرکز المانهای زبری کم است مقدار ضریب زبری مانینگ n کمتر از آن چیزی است که از روابط معمول حاصل می شود (نظیر رابطه استریکلر که بر اساس d_{50} ارائه شده) و با افزایش تراکم المانهای زبری مقدار n به سمت رابطه استریکلر نزدیک می شود.

واژه‌های کلیدی: ضریب زبری مانینگ (n)، توزیع المان های زبری، جریان متغیر تدریجی، مقاومت جریان.

مقدمه

تحقیقات علمی بر روی جریان در کانالها و لوله ها به قرنهای پیش برمی گردد اما مطالعات سینماتیک جریانهای روباز از نیمه‌ی دوم قرن نوزدهم شروع شد. پس از آن می توان به کارهای (Nikuradse (1932) و Shukry (1950) اشاره کرد [۱]. Sambrook and Ferguson (1996) نیز مشاهده شکل گیری زبریهای نواری طولی در بسترهای شن و ماسه ای را گزارش کرده اند [۲]. Nakagawa and Nezu نیز جهت مطالعه بیشتر این پدیده به مدلسازی شرایط طبیعی در آزمایشگاه پرداخته اند [۳]. از دیگر پژوهش های انجام گرفته می توان به بررسی آزمایشگاهی تاثیر آرایش زبری بر مشخصات پرش هیدرولیکی در حوضچه های آرامش اشاره کرد [۴]. همچنین می توان به بررسی آزمایشگاهی اثر تغییر تراکم پوشش گیاهی شاخه ای بر ضریب زبری مانینگ [۵] و تحقیق صورت گرفته پیرامون روشی برای پیش بینی خطوط هم سرعت بدون بعد در کانال های با زبری های یکنواخت و غیر یکنواخت، اشاره داشت [۸].

بررسی و مطالعه‌ی جریان در کانالهای باز به علت کاربرد فراوان آن در طبیعت و صنعت مورد توجه محققان بوده است. بیشتر این نوع جریانها در کانالهای زبر اتفاق می افتند و در مجاری طبیعی به ندرت شرایط کانال صاف ایجاد خواهد شد. از آنجا که در تخمین سرعت، دبی و مشخصات دیگر جریان در کانالهای باز، زبری نقش مهمی ایفا می کند، تعیین مناسب و بهینه آن همواره از اهمیت زیادی برخوردار

Email: tadayonfar@gmail.com

Email: maghrebi@ferdowsi.um.ac.ir

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ دانشیار گروه عمران، دانشگاه فردوسی مشهد

بوده است. روابط متفاوت برای ضریب مقاومت جریان (مانند ضرایب مانینگ، شزی و دارسی - وایسباخ) و گاه روشهای مختلف در بدست آوردن یک ضریب خاص دلیل بر این مسئله است. یکی از مسائل جالب توجه در رابطه با زبری در کانالهای باز چگونگی توزیع زبری در کانال و تأثیر آن بر کمیتهای مختلف جریان است. از آن جمله می توان به رودخانه هایی که دارای بستر متحرک شامل رسوبات درشت و نرم در کف هستند اشاره کرد که این مصالح در طول کانال پس از طی مدتی از یکدیگر جدا شده و به شکل های مختلف در جهت جریان قرار می گیرند. این پدیده به خصوص هنگامی که جریان در مدت طولانی در حالت ماندگار بصورت یکنواخت برقرار باشد، نمود بیشتری پیدا می کند.

یکی از متداول ترین معادلات مقاومت برای جریان در کانالهای باز، رابطه مانینگ است. این معادله در سیستم SI به صورت زیر می باشد:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

که در آن V سرعت جریان (m/s)، S_f شیب اصطکاکی کانال (m/m)، R شعاع هیدرولیکی (m) و n ضریب زبری مانینگ است. مهمترین عامل ناشناخته در این رابطه ضریب زبری n می باشد [۶]. یکی از روابطی که کاربرد زیادی در مجاری طبیعی دارد، رابطه استریکلر (Strickler) است که بصورت زیر ظاهر می شود:

$$n = \frac{d_{50}^{\frac{1}{6}}}{31.3} = 0.032 d_{50}^{\frac{1}{6}} \quad (2)$$

که در آن d_{50} قطر میانه ذرات بر حسب ft می باشد.

تعیین دقیق این ضریب به سادگی در سطوحی از مصالح که به صورت تجارتي ساخته می شوند کار نسبتاً ساده ای است [۷]. به نظر می رسد باید به گونه ای مشخص اثر توزیع و اندازه المانهای زبری در روابط پیشنهادی لحاظ گردد. در این مقاله مشخصات جریان در کانال های مستقیم با زبری یکنواخت و غیر یکنواخت، شبکه های مربعی و قطری، مورد مطالعه قرار می گیرد و روشی برای محاسبه ضریب زبری مانینگ در این گونه کانال ها ارائه می شود. این کار با تجزیه و تحلیل یک مجموعه اطلاعات آزمایشگاهی تولید شده در یک کانال تحقیقاتی که کف و جداره های آن با آرایش و توزیعیهای مختلفی از المانهای زبری پوشیده شده، در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد انجام گردیده است.

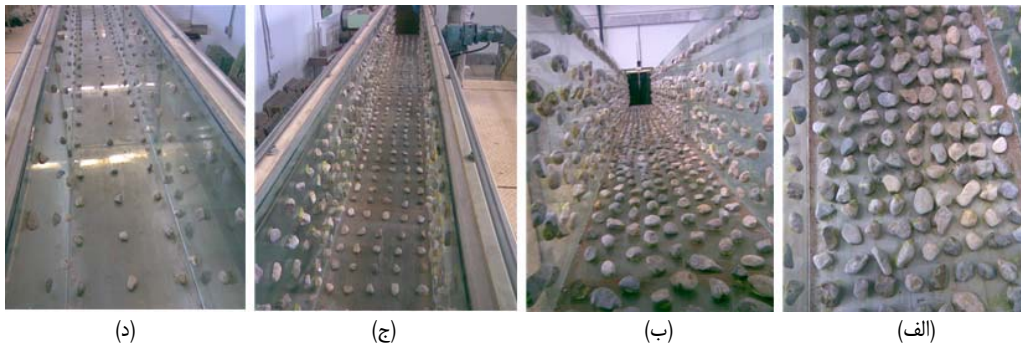
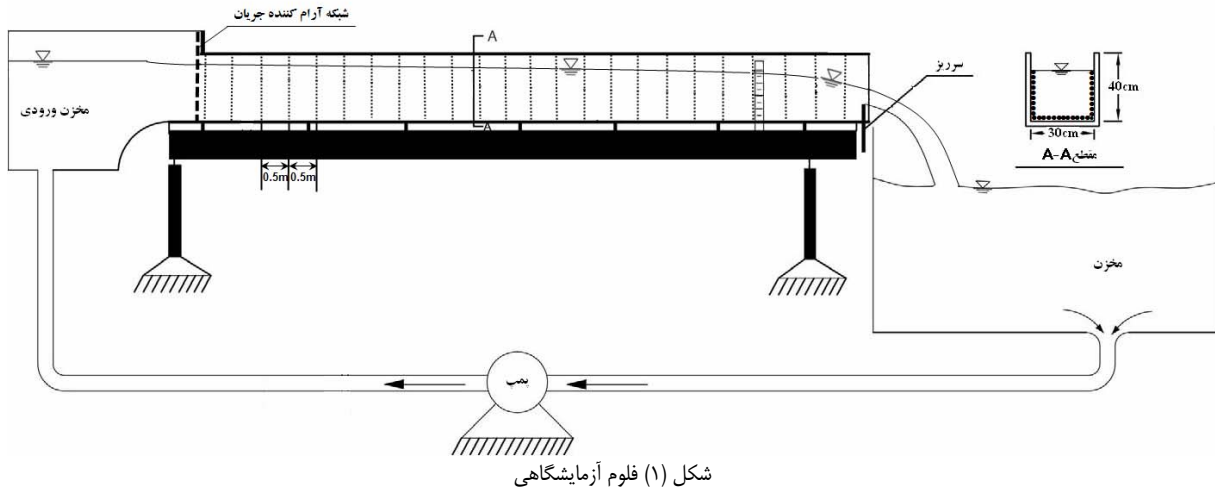
مواد و روشها

برای اینکه بتوان اثر توزیع زبری های موجود در طبیعت را بر ضریب زبری مانینگ بررسی نمود اقدام به شبیه سازی محیط رودخانه ای در فلوم آزمایشگاهی شده است. مطالعات در یک کانال مستطیلی مانند شکل (۱) به عرض 30cm، ارتفاع 40cm طول 12m و شیب 0.00055 انجام گرفته است. دبی جریان به روش حجمی اندازه گیری شده است که به کمک این دبی، سرریز کانال نیز کالیبره شده است. جهت زبر کردن جداره و کف کانال از مصالح سنگدانه رودخانه ای به قطرهای $d_{50}=17.5mm$ و $11.35mm$ و $4.00mm$ استفاده شده است. زبری چهارم از ترکیب سه دانه بندی ذکر شده طوری انتخاب می گردد که اندازه d_{50} آن برابر $11.35mm$ حاصل گردد. برای روشن شدن موضوع بطور مثال در شکل (۲) آرایش های ایجاد شده در چهار حالت از (الف) تا (د) برای $d_{50}=17.5mm$ آورده شده است. انتخاب دانه بندی های فوق به دلیل استفاده از زبری معادل آنها در کارهای اجرایی و طبیعی است.

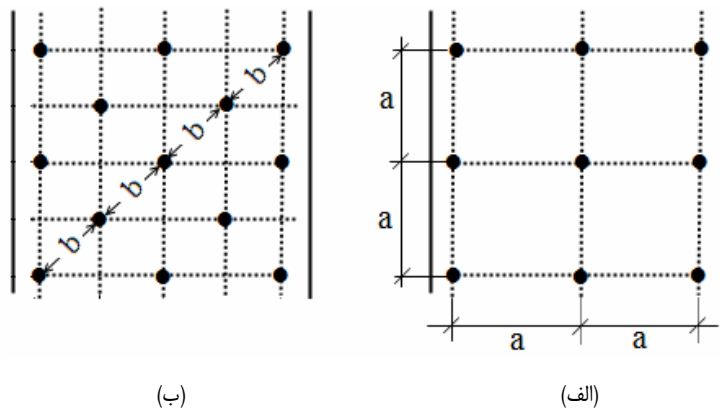
دانه های شن و ماسه طبق آرایش های مربعی و قطری مانند شکل (۳) در فواصلی بر حسب اندازه ذره، بر روی شیشه چسبانده شده، سپس شیشه ها در امتداد یکدیگر در طول کانال بر روی جداره و کف نصب می شوند. با توجه به ترکیب های مختلف، ۶۴ آزمایش ترتیب داده می شود (۴) نوع دانه بندی، ۴ توزیع المانهای زبری و ۴ دبی مختلف). برداشت تراز سطح آب با استفاده از پوینت گیج در طول کانال و در بازه های $0.5m$ که به منظور لحاظ نمودن انحنای سطح آب مورد نیاز است، انجام گرفته است. بنابراین با توجه به طول ۱۲ متری فلوم آزمایشگاه، سطح آب در ۲۴ نقطه قرائت می شود.

به منظور آسان تر شدن ارجاع به آزمایشات نشانه گذاری انجام گرفته است. بدین صورت که اولین حرف لاتین از سمت چپ بیانگر اندازه ذرات المانهای زبری است. A بیانگر ذرات با $d_{50}=17.5mm$ اشاره به ذرات با $d_{50}=11.35mm$ C مربوط به $d_{50}=4.00mm$ و M مربوط به دانه بندی ترکیبی با $d_{50}=11.35mm$ است. در شبکه های مربعی عدد سمت راست حرف لاتین بیانگر فاصله بین المانهای زبری بر حسب d_{50} است که در گذر از آرایش مربعی به آرایش قطری سنگدانه ها (در مرکز هر مربع یک سنگدانه کاشته می شود) سمبل

مربوط به این نوع آزمایشات با D (Diagonal) نشان داده شده است. در نهایت عدد سمت راست خط فاصله نشان دهنده مقدار دبی آزمایش مورد نظر بوده که برحسب lit/sec گرد شده است. خلاصه این نشانه گذاری ها در جدول (۱) آورده شده است. با استفاده از معادله (۲) زبری مانینگ معادل ذرات با $d_{50}=4.00mm$ برابر با 0.155 خواهد شد که این زبری معادل زبری در کانال با کف بتنی خوب می باشد [۶]. همچنین زبری معادل مانینگ برای ذرات با $d_{50}=11.35mm$ برابر 0.1846 خواهد شد که معادل زبری کانالهایی است که در مسیر مستقیم در ماسه کوبیده و صاف حفاری شده یا می توان به کانالهای با بنای فرسوده و کانالهای خاکی طبیعی صاف و بدون رستنی ها اشاره کرد. زبری معادل مانینگ برای ذرات با $d_{50}=17.5 mm$ برابر 0.198 خواهد شد که معادل زبری کانالهای با کف شنی و صافی متوسط که خوب اجرا شده باشد، است. مطالب فوق را بطور خلاصه می توان بصورت جدول (۲) نمایش داد.



شکل (۲) آرایش مصالح سنگدانه ای با $d_{50}=17.5mm$ (الف) $2d_{50}$ (ب) آرایش قطری (ج) $4d_{50}$ و (د) $8d_{50}$



شکل (۳) چیدمانهای مختلف المانهای زبری در کف و جداره کانال (الف) شبکه مربعی و (ب) شبکه قطری.

جدول (۱) اطلاعات مربوط به نحوه توزیع المانهای زبری و مقدار دبی در آزمایشات مختلف

دبی lit/sec	نوع آرایش	a یا b برحسب ضربیی از d_{50}	اندازه ذرات mm	نشانه	دبی lit/sec	نوع آرایش	a یا b برحسب ضربیی از d_{50}	اندازه ذرات mm	نشانه
5.0	شبه مربعی	8	4.00	C8-5	5.0	شبه مربعی	8	17.5	A8-5
10.0	شبه مربعی	8	4.00	C8-10	10.0	شبه مربعی	8	17.5	A8-10
15.0	شبه مربعی	8	4.00	C8-15	15.0	شبه مربعی	8	17.5	A8-15
20.0	شبه مربعی	8	4.00	C8-20	20.0	شبه مربعی	8	17.5	A8-20
5.0	شبه مربعی	4	4.00	C4-5	5.0	شبه مربعی	4	17.5	A4-5
10.0	شبه مربعی	4	4.00	C4-10	10.0	شبه مربعی	4	17.5	A4-10
15.0	شبه مربعی	4	4.00	C4-15	15.0	شبه مربعی	4	17.5	A4-15
20.0	شبه مربعی	4	4.00	C4-20	20.0	شبه مربعی	4	17.5	A4-20
5.0	شبه قطری	2.83	4.00	CD-5	5.0	شبه قطری	2.83	17.5	AD-5
10.0	شبه قطری	2.83	4.00	CD-10	10.0	شبه قطری	2.83	17.5	AD-10
15.0	شبه قطری	2.83	4.00	CD-15	15.0	شبه قطری	2.83	17.5	AD-15
20.0	شبه قطری	2.83	4.00	CD-20	20.0	شبه قطری	2.83	17.5	AD-20
5.0	شبه مربعی	2	4.00	C2-5	5.0	شبه مربعی	2	17.5	A2-5
10.0	شبه مربعی	2	4.00	C2-10	10.0	شبه مربعی	2	17.5	A2-10
15.0	شبه مربعی	2	4.00	C2-15	15.0	شبه مربعی	2	17.5	A2-15
20.0	شبه مربعی	2	4.00	C2-20	20.0	شبه مربعی	2	17.5	A2-20
5.0	شبه مربعی	8	11.35	M8-5	5.0	شبه مربعی	8	11.35	B8-5
10.0	شبه مربعی	8	11.35	M8-10	10.0	شبه مربعی	8	11.35	B8-10
15.0	شبه مربعی	8	11.35	M8-15	15.0	شبه مربعی	8	11.35	B8-15
20.0	شبه مربعی	8	11.35	M8-20	20.0	شبه مربعی	8	11.35	B8-20
5.0	شبه مربعی	4	11.35	M4-5	5.0	شبه مربعی	4	11.35	B4-5
10.0	شبه مربعی	4	11.35	M4-10	10.0	شبه مربعی	4	11.35	B4-10
15.0	شبه مربعی	4	11.35	M4-15	15.0	شبه مربعی	4	11.35	B4-15
20.0	شبه مربعی	4	11.35	M4-20	20.0	شبه مربعی	4	11.35	B4-20
5.0	شبه قطری	2.83	11.35	MD-5	5.0	شبه قطری	2.83	11.35	BD-5
10.0	شبه قطری	2.83	11.35	MD-10	10.0	شبه قطری	2.83	11.35	BD-10
15.0	شبه قطری	2.83	11.35	MD-15	15.0	شبه قطری	2.83	11.35	BD-15
20.0	شبه قطری	2.83	11.35	MD-20	20.0	شبه قطری	2.83	11.35	BD-20
5.0	شبه مربعی	2	11.35	M2-5	5.0	شبه مربعی	2	11.35	B2-5
10.0	شبه مربعی	2	11.35	M2-10	10.0	شبه مربعی	2	11.35	B2-10
15.0	شبه مربعی	2	11.35	M2-15	15.0	شبه مربعی	2	11.35	B2-15
20.0	شبه مربعی	2	11.35	M2-20	20.0	شبه مربعی	2	11.35	B2-20

در جدول (۳) مقادیر a و b نمایش داده شده در شکل (۳)، برای آرایش های مربعی و قطری آمده است. برای اعمال نمودن قطر ذرات و کاهش عرض مقطع و ارتفاع آب، از قطر معادل استفاده شده است. در این روش حجم سنگدانه های استفاده شده را با حجم مکعب مستطیلی به ارتفاع d برابر فرض نموده واز آنجا قطر معادل یعنی d محاسبه می شود. این محاسبات در جدول (۴) آمده است.

جدول (۲) ضریب زبری معادل لایه های مختلف زبری

نسبت زبری ها	ضریب زبری مانینگ (n)	ارتفاع زبری $k_s(mm)$	نوع زبری
1	0.008	صاف	شیشه
2.475	0.0198	17.5	زبری درشت
2.313	0.0185	11.35	زبری متوسط
1.938	0.0155	4.00	زبری ریز

جدول (۳) مقادیر a و b در آرایش های مختلف

اندازه دانه (mm)	آرایش مربعی $8d_{50}$	آرایش مربعی $4d_{50}$	آرایش قطری	آرایش مربعی $2d_{50}$
	a(mm)	a(mm)	b(mm)	a(mm)
17.5	140	70	35	35
11.35	90.8	45.4	22.7	22.7
4.00	32	16	8	8

جدول (۴) محاسبات درصد تراکم و ارتفاع معادل زبری

اندازه ذرات (mm)	آرایش برحسب ضریبی از d_{50}	طول مقطع (mm)	عرض مقطع (mm)	تعداد دانه ها در مقطع	درصد تراکم	حجم زبری (mm^3)	محاسبه ارتفاع معادل زبری (d:mm)
17.50	8	280	292	6	1.77	16837	0.206
17.50	4	280	292	15	4.41	42092	0.515
17.50	2.83	245	292	31.5	10.59	88394	1.236
17.50	2	245	292	63	21.18	176788	2.471
11.35	8	181.6	292	6	1.14	4593	0.087
11.35	4	136.2	292	21	5.34	16077	0.404
11.35	2.83	158.9	292	45.5	9.92	34834	0.751
11.35	2	158.9	292	91	19.84	69667	1.501
4.00	8	96	292	27	1.21	905	0.032
4.00	4	112	292	133	5.11	4457	0.136
4.00	2.83	112	292	259	9.95	8679	0.265
4.00	2	112	292	518	19.90	17358	0.531

معادلات حاکم

محاسبات جریان کانال روباز اغلب بازه به بازه و یا مقطع به مقطع صورت می گیرد و بر این اساس ضریب مقاومت جریان هم باید تعیین گردد. با فرض محاسبات جریان متغیر تدریجی، و داشتن اطلاعات پروفیل سطح آب با استفاده از معادله انرژی در بازه های طولی به زبریهای تئوریک مختلفی می توان دست یافت که قاعدتا باید جوابهای متفاوتی برای یک نوع خاص از زبری باشد [۱۰]. بنابراین با استفاده از معادله انرژی بین دو مقطع می توان نوشت:

$$\frac{p_1}{\gamma} + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_f \quad (۳)$$

با توجه به آنکه در سطح آب فشار اتمسفریک است، داریم:

$$p_1 = p_2 = 0 \quad (۴)$$

$$z_2 - z_1 = S_0 \Delta x = S_0 (x_2 - x_1)$$

$$h_f = \bar{S}_f \Delta x = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \Delta x \quad (۵)$$

از طرفی از معادله (۱) داریم:

$$\bar{S}_f = \frac{Q^2 n^2}{A^2 R^{\frac{4}{3}}} \quad (۶)$$

با استفاده از معادلات (۳) تا (۶) و ساده کردن عبارات خواهیم داشت:

$$(y_1 - y_2) + \left(\frac{Q^2}{2A_1^2 g} - \frac{Q^2}{2A_2^2 g} \right) + S_0 (x_2 - x_1) = \frac{n^2}{2} \left\{ \left(\frac{Q^2}{A_1^2 R_1^{\frac{4}{3}}} + \frac{Q^2}{A_2^2 R_2^{\frac{4}{3}}} \right) (x_2 - x_1) \right\} \Rightarrow$$

$$n = \frac{\sqrt{\frac{Q^2}{A_2^2 g} - \frac{Q^2}{A_1^2 g} - 2S_0(x_2 - x_1) + 2(y_2 - y_1)}}{\sqrt{\frac{Q^2 x_1}{A_1^2 R_1^3} + \frac{Q^2 x_1}{A_2^2 R_2^3} - \frac{Q^2 x_2}{A_1^2 R_1^3} - \frac{Q^2 x_2}{A_2^2 R_2^3}}} \quad (7)$$

که در معادلات فوق y عمق جریان، S_0 شیب طولی کانال، x فاصله مقطع از ابتدای کانال، A مساحت مقطع، R شعاع هیدرولیکی، n ضریب زبری مانیگ، همچنین شماره های ۱ و ۲ در اندیس فرمول ها بیانگر شماره مقطع می باشد.

بررسی نتایج

بر اساس یک تحلیل آماری (از میانگین بعنوان بهترین معرف برای ضرایب زبری در کانال استفاده شده است) ضریب زبری مانیگ n را با استفاده از اطلاعات تمامی بازه ها می توان بدست آورد. در جدول (۵) با در نظر گرفتن جریان متغیر تدریجی، اطلاعات مربوط به آزمایش B2-10 آورده شده است. همچنین میزان پراکندگی مجموعه داده ها حول میانگین یا به بیان علمی تر گستردگی توزیع احتمال و فاصله متغیر تصادفی از مقدار میانگین، تحت عنوان انحراف معیار آمده است.

جدول (۵) محاسبات ضریب زبری مانیگ در مقطع طولی

Q=10.0 lit/sec															
$d_{50}(mm) = 11.35$				عرض مقطع کانال (mm): 288.998								مشخصات المان زبری: $2d_{50}$			
شماره مقطع	$x_1(m)$	$x_2(m)$	$y_1(mm)$	$y_2(mm)$	$A_1(m^2)$	$A_2(m^2)$	$V_1(m/s)$	$V_2(m/s)$	$R_1(m)$	$R_2(m)$	S_0	S_{f1}/n^2	S_{f2}/n^2	\bar{S}_f/n^2	n
1	0.3	0.8	146.5	146.5	0.04234	0.04234	0.2362	0.2362	0.07275	0.07275	0.00055	1.837081	1.8370812	1.837081	0.017231
2	0.8	1.3	147.5	147.5	0.04263	0.04263	0.2346	0.2346	0.07299	0.07299	0.00055	1.804126	1.8041257	1.804126	0.017388
3	1.3	1.8	148.5	148.5	0.04292	0.04292	0.233	0.233	0.07324	0.07324	0.00055	1.772005	1.7720052	1.772005	0.017545
4	1.8	2.3	149	148.5	0.04306	0.04292	0.2322	0.233	0.07336	0.07324	0.00055	1.75625	1.7720052	1.764127	0.020083
5	2.3	2.8	149.5	149.5	0.0432	0.0432	0.2315	0.2315	0.07348	0.07348	0.00055	1.740693	1.7406926	1.740693	0.017702
6	2.8	3.3	150	150	0.04335	0.04335	0.2307	0.2307	0.0736	0.0736	0.00055	1.725331	1.7253311	1.725331	0.01778
7	3.3	3.8	151	151	0.04364	0.04364	0.2292	0.2292	0.07384	0.07384	0.00055	1.695182	1.6951821	1.695182	0.017938
8	3.8	4.3	151	151	0.04364	0.04364	0.2292	0.2292	0.07384	0.07384	0.00055	1.695182	1.6951821	1.695182	0.017938
9	4.3	4.8	152	152	0.04393	0.04393	0.2276	0.2276	0.07408	0.07408	0.00055	1.665778	1.665778	1.665778	0.018096
10	4.8	5.3	152	152	0.04393	0.04393	0.2276	0.2276	0.07408	0.07408	0.00055	1.665778	1.665778	1.665778	0.018096
11	5.3	5.8	151.5	151.5	0.04378	0.04378	0.2284	0.2284	0.07396	0.07396	0.00055	1.680388	1.6803884	1.680388	0.020885
12	5.8	6.3	151	151	0.04364	0.04364	0.2292	0.2292	0.07384	0.07384	0.00055	1.695182	1.6951821	1.695182	0.017938
13	6.3	6.8	151	150.5	0.04364	0.04349	0.2292	0.2299	0.07384	0.07372	0.00055	1.695182	1.710162	1.702672	0.029778
14	6.8	7.3	150.5	150.5	0.04349	0.04349	0.2299	0.2299	0.07372	0.07372	0.00055	1.710162	1.710162	1.710162	0.017859
15	7.3	7.8	150.5	150.5	0.04349	0.04349	0.2299	0.2299	0.07372	0.07372	0.00055	1.710162	1.710162	1.710162	0.017859
16	7.8	8.3	149	149	0.04306	0.04306	0.2322	0.2322	0.07336	0.07336	0.00055	1.75625	1.7562495	1.75625	0.017623
17	8.3	8.8	150.5	150.5	0.04349	0.04349	0.2299	0.2299	0.07372	0.07372	0.00055	1.710162	1.710162	1.710162	0.017859
18	8.8	9.3	151	151	0.04364	0.04364	0.2292	0.2292	0.07384	0.07384	0.00055	1.695182	1.6951821	1.695182	0.017938
19	9.3	9.8	151	151	0.04364	0.04364	0.2292	0.2292	0.07384	0.07384	0.00055	1.695182	1.6951821	1.695182	0.017938
20	9.8	10.3	150.5	150.5	0.04349	0.04349	0.2299	0.2299	0.07372	0.07372	0.00055	1.710162	1.710162	1.710162	0.017859
21	10.3	10.8	152	152	0.04393	0.04393	0.2276	0.2276	0.07408	0.07408	0.00055	1.665778	1.665778	1.665778	0.018096
22	10.8	11.3	152	152	0.04393	0.04393	0.2276	0.2276	0.07408	0.07408	0.00055	1.665778	1.665778	1.665778	0.018096
23	11.3	11.8	152.5	152.5	0.04407	0.04407	0.2269	0.2269	0.0742	0.0742	0.00055	1.651348	1.6513479	1.651348	0.018174
24	11.8	153	----	----	0.04422	----	0.2262	----	0.07431	----	0.00055	1.637095	----	----	----
مقدار ضریب زبری مانیگ (پس از محاسبات آماری): 0.01823										انحراف معیار: 0.002565897			میانگین ضریب زبری مانیگ: 0.0182347		

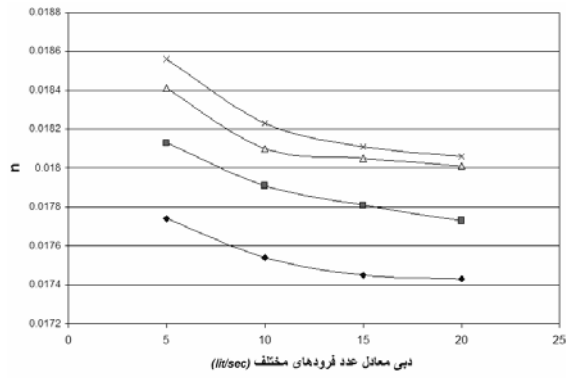
درستی آزمایشی مقادیر حاصل از زبری با استفاده از روشهای آماری توسط نرم افزار SPSS انجام می شود. با توجه به حجم زیاد اطلاعات حاصل شده نسبت به ارائه فرمولهای جدیدی که بیانگر رابطه ضریب زبری مانیگ n نسبت به متغیرهای c, Fr, Re و d_{50} هستند، امکان پذیر خواهد بود. در این نرم افزار از چهار روش *Enter*, *Forward Stepwise* و *Backward* استفاده شده است که از این میان روش *Enter* مناسبتر تشخیص داده شد:

$$n = 0.032 + 2.167 \times 10^{-5} d_{50} + 2.206 \times 10^{-6} c - 0.063 Fr - 1.835 \times 10^{-7} Re \quad (8)$$

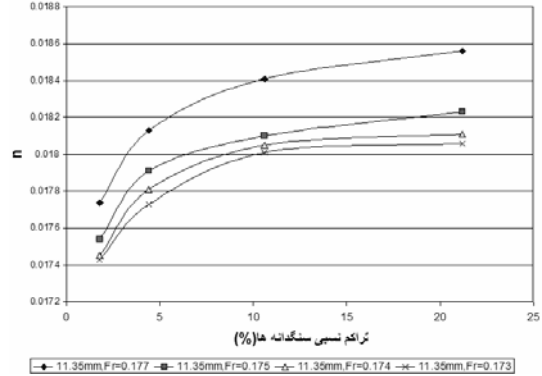
در فرمول فوق d_{50} بر حسب c تراکم نسبی سنگدانه ها بر حسب درصد، Fr عدد فرود جریان و Re عدد رینولدز می باشد. در رابطه (۸) مقدار R^2 برابر 0.996 می باشد که مبین دقت بالای روش در برازش فرمول بر داده ها می باشد. اگر فقط اثر تراکم نسبی سنگدانه ها نسبت به ضریب زبری مانیگ بررسی شود رابطه (۹) حاصل خواهد شد:

$$n = 0.017 + 3.95 \times 10^{-5} c \quad (9)$$

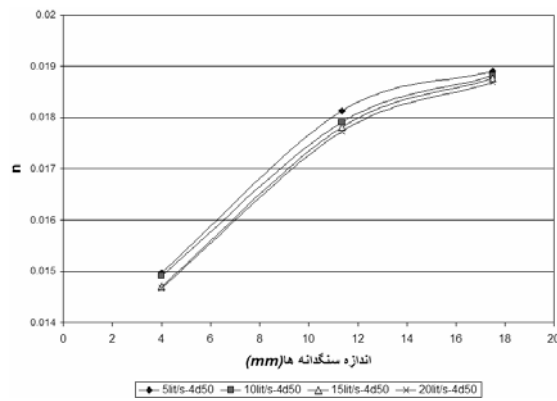
از این رابطه می توان در تخمین ضریب زبری مانیگ برای تراکم های متفاوت استفاده نمود.



شکل (۵) تغییرات ضریب مانینگ نسبت به عدد فرود $d_{50}=11.35mm$



شکل (۴) تغییرات ضریب مانینگ نسبت به تراکم نسبی سنگدانه ها برای دانه بندی $d_{50}=11.35mm$



شکل (۶) تغییرات ضریب مانینگ نسبت به اندازه دانه ها

همانطور که در شکل (۴) نشان داده شده، در اعداد فرود پائین تر ضریب مانینگ آهنگ افزایشی خود را تا ضریب تراکم 10% حفظ کرده و از آنجا به بعد تقریباً دارای مجانب افقی خواهد شد. بدین معنی که با افزایش ضریب تراکم تغییرات چشمگیری در روند رو به رشد ضریب مانینگ نخواهیم داشت. در حالیکه برای اعداد فرود بزرگتر، روند تغییرات ضریب مانینگ با تراکم همچنان حفظ می شود. دلیل این امر را می توان تاثیر پذیری بیشتر ضریب مانینگ در عدد فرود بیشتر بیان کرد. در صورتی که در اعداد Re و Fr کمتر، این تاثیر پذیری نیز کمتر خواهد شد.

در شکل (۵) با کاهش تراز سطح آب تغییرات ضریب زبری مانینگ با دبی معادل عدد فرود در آرایش قطری نسبت به آرایش مربعی تغییرات شدیدتری از خود نشان می دهد. این امر را می توان به حرکات زیگزاگی سیال بین زبری ها مرتبط دانست. در شکل (۶) تغییرات ضریب زبری مانینگ با اندازه سنگدانه ها برای آرایش $4d_{50}$ نشان داده شده که دارای روند کاملاً یکنواخت بوده و با افزایش قطر دانه بندی، افزایش ضریب مانینگ را می توان مشاهده نمود.

نتیجه گیری

با توجه به آزمایشات متنوع انجام گرفته نتایج زیر حاصل می گردد:

- ۱- با افزایش قطر سنگدانه ها یا عبارتی با افزایش d_{50} ضریب زبری مانینگ n افزایش می یابد.
- ۲- با افزایش تعداد سنگدانه ها در کانال، یا استفاده از آرایش متراکم تر، بیشترین ضریب زبری مانینگ را نسبت به حالتی که آرایش ها از تراکم کمتری برخوردار است، رخ می دهد.
- ۳- در حالتی که از ترکیب سه دانه بندی با $d_{50}=11.35mm$ استفاده شود، جوابهای ضریب زبری، به دانه بندی $d_{50}=11.35mm$ نزدیک است.
- ۴- با کاهش عدد فرود، ضریب زبری مانینگ n کاهش می یابد.

منابع

- [1] Kandlikar, S. (1986), "Roughness effects at microscale- reassessing Nikuradse's experiments on liquid Flow in rough tubes", Mechanical Engineering Department, Rochester Institute of Technology, Rochester, NY, USA.
- [2] Frings, R. (2002), "Sedimentary characteristics of the gravel-sand transition in the river Rhine" Journal of Sedimentary Research.
- [3] Nezu, I., Nakagawa, H. (1993), "Turbulence in Open-Channel Flow". IAHR Monograph Series. A.A. Balkema, Rotterdam.
- [۴] شفاعی بجستان، محمود و کاظمیان زاده، ایوب(۱۳۸۷)، "بررسی آزمایشگاهی تاثیر آرایش زبری بر مشخصات پرش هیدرولیکی در حوضچه های آرامش"، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
- [۵] ابراهیمی، نادرقلی، کاشفی پور، محمد، فتحی مقدم، منوچهر، صانعی، سید مجتبی و ابراهیمی، کیومرث (۱۳۸۷)، "بررسی آزمایشگاهی اثر تغییر تراکم پوشش گیاهی شاخه ای بر ضریب زبری مانینگ"، مجله علمی پژوهشی علوم ومهندسی آبخیزداری ایران، شماره ۳.
- [5] Bakhmeteff, B. A. (1932), "Hydraulics of open channels", New York, Mc Graw-Hill Book company, Inc.
- [6] Chow, V. T. (1959), "open channel hydraulics", New York, Mc Graw-Hill Book company, Inc.
- [7] Parshall, R. L. (1950), "Measuring Water in Irrigation Channel Parshall Flumes and small Weirs", U.S. Soil Conservation Service.
- [۸] فغفور مغربی، محمود و رحیم پور، مجید(۱۳۸۶)، " روشی برای ترسیم خطوط هم سرعت و تخمین دبی در کانال های روباز"، مجله دانشکده فنی تبریز، جلد ۳۴، شماره ۳.
- [9] Subramanya, K. (2001), "Flow in channels", Tata McGraw- Hill Publishing Company Limited.
- [10] Ladson, A. and Anderson, B. (2000), "Towards an Australian Handbook of Stream Roughness Coefficients", New York, Mc Graw-Hill Book company, Inc.

Investigation of Roughness Distribution on the Manning Roughness Coefficient n

**Hamid R. Tadayonfar
Mahmoud F. Maghrebi**

ABSTRACT

One of the most important parameters which affects the river behavior is the resistance coefficient. A number of formulas relating open channel flow velocity to resistance coefficient have already been proposed. In the natural open channels the height of roughness elements are drastically different from each other at different locations. So it is a difficult task to introduce a general formula which can consider all of the non –uniformity aspects of flow.

However, it is suggested that the general formula should consider the hydraulic conditions of the flow as well as the distribution and height of roughness elements. In the present paper, artificially roughened bed and walls of a flume is used to simulate the flow in a natural river. Then, the established GVF in the flume under different conditions of roughness and discharge was used to estimate the Manning roughness coefficient n for each reach.

Then based on a statistical approach the best roughness coefficient n is determined. The results are compared with the most well known formula namely Strickler(1923). It is found that when the concentration of roughness elements is high, the simulated n approaches towards the one given by the Strickler formula.

Keywords: Manning roughness coefficient n ; roughness; distribution and height of roughness elements; GVF; resistance flow.