نشریه بین‌المللی علوم مهندسی دانشگاه علم و صنعت ایران، شماره ۲، جلد۱۹، تابستان ۱۳۸۷، صفحه ۱۱۸-۱۱۳
ویژه‌نامه مهندسی عمـــران

ارایه یک رابطه تحلیلی برای ناحیه انتقالی در توزیع سرعت در آبراهه‌های با پوشش گیاهی انعطاف‌ناپذیر مستغرق

(گـــزارش فنـــی)

جمال محمد ولی سامانی و مهدی مظاهری

چکیده: در مجاری با پوشش گیاهی انعطاف‌ناپذیر و بسترهای سیلابی، تخمین مقدار سرعت و دبی حائز اهمیت می‌باشد. با توجه به جریان آب، توزیع سرعت در این گونه آبراهه‌ها به سه بخش قابل تقسیم می‌باشد: بخش یکنواخت تحتانی که به کف آبراهه نزدیک است و دارای سرعت یکنواخت می‌باشد، بخش فوقانی که بدون پوشش گیاهی می‌باشد و از قانون توزیع لگاریتمی سرعت تبعیت می‌کند و بخش میانی (انتقالی) که تحت تأثیر مومنتم قسمت فوقانی قرار می‌گیرد. در این مجاری روش‌های موجود برای برآورد مقدار دبی و سرعت بر اساس سرعت متوسط مبتنی است. در این مقاله روشی تحلیلی جهت محاسبه عمق و توزیع سرعت در ناحیه انتقالی مذکور ارائه گردیده است. نتایج بدست آمده حاکی از تطابق خوب نتایج این مدل با نتایج داده‌های آزمایشگاهی است.

کلید واژه‌ها: توزیع سرعت، ناحیه انتقالی، رابطه تحلیلی، آبراهه‌های با پوشش گیاهی.

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر بهبود و اصلاح پهنه‌های سیلابی، رودخانه و زمین‌های مرطوب و خیس افزایش یافته است. درک تأثیر پوشش گیاهی روی شرایط مختلف جریان در طرح‌های مهندسی رودخانه از اهمیت خاصی برخوردار است. پوشش گیاهی مقاومت در برابر جریان را افزایش داده و باعث افزایش سطح آب می‌گردد. تأثیر پوشش گیاهی بر روی توزیع سرعت در مقطع جریان نیز می‌تواند بطور چشمگیری دقت محاسبات مربوط به برآورد دبی جریان را افزایش دهد. همچنین در مورد جریان باد بر روی مناطق جنگلی و پوشش گیاهی، توزیع سرعت درون پوشش گیاهی از حالتی مشابه به حالت مذکور تبعیت می نماید.

توزیع سرعت درون پوشش گیاهی نمی‌تواند بوسیله یک تابع واحد بیان گردد. تحقیقات مختلفی در مورد توزیع سرعت درون پوشش گیاهی انجام شده است که در آنها توزیع سرعت درون پوشش گیاهی بصورت یکنواخت مورد توجه قرار گرفته است [۱، ۶]. توزیع سرعت در زیر سطح ظاهری پوشش گیاهی در سال ۱۹۸۵ توسط کریستیانسن مورد مطالعه قرار داده شد. آزمایشات در رودخانه با پوشش گیاهی انبوه انجام گردید. در این مطالعه توزیع سرعت عمدتا یکنواخت و حتی نزدیک به صفر بوده است[۱]. حکیم و سالاما نیز در سال ۱۹۹۲ توزیع سرعت را درون پوشش گیاهی مطالعه کردند. برطبق این مطالعات یک منطقه انتقالی بصورت یک لایه نازک در بالای پوشش گیاهی مورد مشاهده قرار گرفت. توزیع سرعت برای این منطقه تعیین گردید[۲]. تی‌سوجیموتو و همکاران در سال ۱۹۹۲ توزیع سرعت را درون پوشش گیاهی با فرض تنش رینولدزی مشابه در پوشش گیاهی توصیف کردند. آزمایشات در یک فلوم آزمایشگاهی با استوانه‌های مصنوعی برای شبیه‌سازی پوشش گیاهی انجام شد[۷، ۸، ۹]. یک سری مطالعات آزمایشگاهی با استفاده از سیم‌های قائم نازک غیرقابل‌انعطاف برای مطالعه مقاومت هیدرولیکی در کانال‌های پوشش‌دار انجام شد و آزمایشات تجربی برای فاکتور اصطکاکی پیشنهاد گردید ولی کاربرد آنها محدود بود زیرا مطالعه آزمایشگاهی به تراکم زبری‌های سطح فقط تا ۰/۸۱ درصد و برای یک قطر استوانه محدود می‌شد[۳].

در مطالعه دیگری که با استفاده از نوارهای پلی‌اتیلنی پلاستیکی برای شبیه‌سازی پوشش انجام شد، یک فرمول تجربی برای سرعت متوسط در کانال بدست آمد[۶]. در ادامه کار کوون، همان مطالعه با الگوی پوشش اضافی انجام شد و نتیجه گرفته شد که رفتار پوشش ممکن است به یکی از سه رژیم روبرو طبقه‌بندی شود: صاف و بدون حرکت، موجدار و خوابیده. همچنین نشان داده شد که

این مقاله در تاریخ ۸۳/۱۲/۱۵ دریافت و در تاریخ ۸۷/۲/۱۰ به تصویب نهایی رسیده است.

دکتر جمال محمد ولی‌سامانی، دانشیار گروه سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت‌مدرس، samani_j@modares.ac.ir

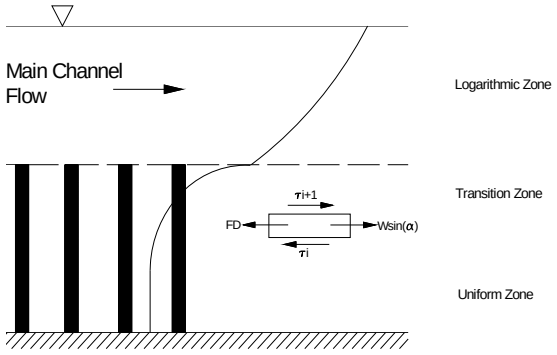
مهدی مظاهری، دانشجوی دکترای گروه سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت‌مدرس، m_mazah@yahoo.com

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-27]

مقاومت جریان در کانال‌هایی با پوشش غیرقابل‌انعطاف یک آنالیز پایه‌ای و اساسی برای مقاومت جریان در کانال‌هایی با پوشش انعطاف‌پذیر تهیه می‌کند[۵]. در این مقاله مدلی تحلیلی بر اساس رابطه تعادل نیروها در منطقه انتقالی (منطقه بین یکنواخت تحتانی و لگاریتمی فوقانی) توزیع سرعت ارائه می‌گردد و سپس رابطه استخراج شده توسط آزمایشات انجام گرفته واسنجی می‌شود و مابقی آزمایشات برای ممیزی مدل به کار می‌رود.

۲. مبانی تئوری

همانطوریکه در مقدمه اشاره شد، در جریان سیالی مانند آب بر روی پوشش گیاهی انعطاف‌ناپذیر، مهمترین ناحیه‌ای که تاکنون مورد بحث و بررسی کافی قرار نگرفته است، ناحیه انتقالی می‌باشد که مورد توجه این مقاله قرار گرفته است. در شکل ۱ توزیع سرعت بصورت کلی در قسمت پوشش گیاهی، انتقالی و کانال اصلی نشان داده شده است.



شکل ۱. توزیع سرعت و نیروهای وارده بر المان در نظر گرفته شده در قسمت انتقالی در جریان مستغرق بر روی پوشش گیاهی انعطاف‌ناپذیر

همانطورکه در شکل ۱ نشان داده شده است کل پروفیل سرعت به سه قسمت فوقانی، انتقالی و یکنواخت تحتانی تقسیم می‌شود. ناحیه فوقانی از سطح آب تا سطح پوشش گیاهی ادامه دارد و پروفیل سرعت در این ناحیه از حالت عمومی جریان در کانال‌ها و مثلا حالت لگاریتمی تبعیت می‌کند (AB). بخاطر وجود پوشش گیاهی و نیروی درگی که آنها به جریان وارد می‌کنند، تفاوت سرعت حاصل شده و بخاطر انتقال مومنتوم جریان بالا به جریان درون پوشش، پروفیل سرعت در این منطقه تحت تاثیر قرار می‌گیرد. لازم بذکر است که اثر این مومنتوم به تدریج رو به پایین کم می‌شود و به صفر می‌رسد. از سطح پوشش گیاهی تا جایی که اثر این مومنتوم به صفر می‌رسد، ناحیه انتقالی نام دارد (BC). از جایی که اثر این مومنتوم به صفر می‌رسد تا کف کانال سرعت یکنواخت می‌باشد و ناحیه یکنواخت تحتانی نام دارد (CD).

برآورد توزیع سرعت در قسمت فوقانی از طریق توزیع لگاریتمی سرعت براساس تحقیقات گذشته امکان‌پذیر می‌باشد. ناحیه یکنواخت تحتانی با استفاده از رابطه تعادل نیروها در این منطقه قابل پیش‌بینی خواهد بود. در ناحیه یکنواخت تحتانی رابطه $-\frac{\partial P}{\partial x}=F_d$ برقرار می‌باشد. که در آن $\frac{\partial P}{\partial x}$ گرادیان فشار در جهت حرکت سیال و F_d نیروی درگ می‌باشد. بسته به نحوه تعریف F_d برای گیاه موردنظر می‌توان رابطه مذکور را حل کرد و مقدار V_s (سرعت یکنواخت تحتانی) را بدست آورد.

با درنظر گرفتن یک المان در قسمت انتقالی و نوشتن رابطه تعادل نیروهای افقی برای آن رابطه زیر بدست می آید :

$$(\tau(y+dy)-\tau(y))dx+(P(x)-P(x+dx))dy-F_d dxdy=0$$

که در آن:

$\tau(y)$: تنش برشی در ته المان

$\tau(y+dy)$: تنش برشی در بالای المان

$P(x)$: فشار در سمت چپ المان

$P(x+dx)$: فشار در سمت راست المان

F_d: نیروی درگ حاصل از پوشش گیاهی در واحد حجم می‌باشد.

توجه شود که این رابطه برای واحد عرض کانال نوشته شده است. از طرفی با توجه به بسط سری تیلور برای $\tau(y+dy)$ و $P(x+dx)$ روابط زیر بدست می‌آیند:

$$\tau(y+dy)-\tau(y)=\frac{\partial\tau}{\partial y}dy+O(dy^2) \quad (۱)$$

$$P(x)-P(x+dx)=-\frac{\partial P}{\partial x}dx+O(dx^2) \quad (۲)$$

که در آن O نشان‌دهنده مرتبه خطا در بسط تیلور می‌باشد.

با صرفنظر کردن از ترم‌های درجه دوم معادلات فوق به بعد و جایگذاری روابط (۲) و (۳) در (۱) رابطه کلی زیر بدست می‌آید:

$$\frac{\partial\tau}{\partial y}-\frac{\partial P}{\partial x}-F_d=0 \quad (۳)$$

۲-۱. تئوری جریان متلاطم و طول اختلاط پرانتل

با توجه به تئوری جریان متلاطم می‌توان نوشت:

$$\tau=\eta\frac{\partial u}{\partial y} \quad (۴)$$

که در آن τ تنش برشی در لایه‌های سیال، $\frac{\partial u}{\partial y}$ گرادیان سرعت و η لزوجت ادی (Eddy Viscosity) می‌باشد.

همچنین از رابطه طول اختلاط پرانتل (Length Prandtle Mixing) می‌توان نوشت:

$$\eta=\rho l^2\frac{\partial u}{\partial y} \quad (۵)$$

که در آن ρ جرم واحد حجم و l طول اختلاط پرانتل می‌باشد که دیمانسیون طول را دارا می‌باشد. با ترکیب روابط (۵) و (۶) رابطه زیر بدست می‌آید:

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-27]

$$\tau = \rho l^2 (\frac{\partial u}{\partial y})^2 \quad (۶)$$

l می‌تواند بصورت ضریبی از ضخامت قسمت انتقالی (d) نوشته شود که این ضریب همان ثابت وون-کارمن می‌باشد:

$$l=kd \quad (۷)$$

که در آن κ ثابت وون-کارمن و d ضخامت قسمت انتقالی می‌باشد. با جایگذاری رابطه (۸) در (۷) رابطه تنش برشی بر اساس تئوری جریان آشفته و طول اختلاط پرانتل بدست می‌آید:

$$\tau = \rho\kappa^2 d^2 (\frac{\partial u}{\partial y})^2 \quad (۸)$$

با گرفتن مشتق از رابطه (۹) نسبت به y، $\frac{\partial \tau}{\partial y}$ به شرح زیر بدست می‌آید:

$$\frac{\partial \tau}{\partial y} = \rho\kappa^2 d^2 \frac{\partial}{\partial y}(\frac{\partial u}{\partial y})^2 \quad (۹)$$

۲-۲. توزیع سرعت در ناحیه انتقالی

در قسمتی از پوشش گیاهی که سرعت ثابت است (V_s) جریان بصورت یکنواخت می‌باشد، ولی در قسمت انتقالی به خاطر انتقال مومنتم از جریان اصلی در کانال به درون پوشش گیاهی پروفیل سرعت تحت تاثیر قرار می‌گیرد و جریان در این قسمت یکنواخت نخواهد بود. در این تحقیق توزیع سرعت نمایی زیر پیشنهاد گردید:

$$u = Ci^{1/M} \quad (۱۰)$$

که در آن u سرعت، i گرادیان فشار و C و M ثابت‌های مربوط به توزیع سرعت می‌باشند که گرادیان فشار در رابطه (۱۱) نیز از رابطه زیر پیروی می‌کند:

$$i = -\frac{1}{\gamma}\frac{\partial P}{\partial x} \quad (۱۱)$$

که در آن وزن واحد حجم سیال می‌باشد.

برای بدست آوردن ترم $\frac{\partial P}{\partial x}$ در رابطه (۴) با ترکیب روابط (۱۱) و (۱۲) و با در نظر گرفتن $u = V_s$ رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\frac{\partial P}{\partial x} = -\gamma(\frac{V_s}{C})^M \quad (۱۲)$$

همچنین برای بدست آوردن F_d در هر عمق، با توجه به اینکه در $y=0$، $\frac{\partial \tau}{\partial y}$ نیز برابر صفر می‌باشد، رابطه زیر برای F_d پیشنهاد می‌گردد:

$$F_d = \gamma(\frac{u}{C})^M \quad (۱۳)$$

با جایگذاری روابط (۱۰)، (۱۳) و (۱۴) در رابطه (۴) معادله پروفیل سرعت برای قسمت انتقالی بصورت زیر بدست می‌آید:

$$\rho\kappa^2 d^2 \frac{\partial}{\partial y}(\frac{\partial u}{\partial y})^2 + \gamma(\frac{V_s}{C})^M - \gamma(\frac{u}{C})^M = 0 \quad (۱۴)$$

$$\kappa^2 d^2 \frac{\partial}{\partial y}(\frac{\partial u}{\partial y})^2 + \frac{g}{C^M}(V_s^M - u^M) = 0 \quad (۱۵)$$

با حل معادله دیفرانسیل (۱۶) در قسمت انتقالی در هر عمق، سرعت بدست می‌آید. برای حل این معادله به شرایط مرزی نیاز می‌باشد.

۲-۳. شرایط مرزی

شرایط مرزی در ابتدا و انتهای ناحیه انتقالی در مورد مقادیر $\frac{\partial u}{\partial y}$ و u نوشته می‌شوند. در انتهای ناحیه انتقالی به دلیل اینکه سرعت برابر مقدار ثابت V_s می‌شود، مقادیر $\frac{\partial u}{\partial y}$ و u به ترتیب برابر صفر و V_s می‌شود. در ابتدای ناحیه انتقالی یعنی در سطح پوشش گیاهی مقدار u را می‌توان از توزیع سرعت جریان فوقانی حساب کرد و مقدار $\frac{\partial u}{\partial y}$ نیز از تئوری جریان متلاطم و طول اختلاط پرانتل و رابطه سرعت برشی (u_*) محاسبه می‌شوند. شرایط مرزی نامبرده فوق بصورت زیر محاسبه می‌شوند:

در ابتدای پوشش گیاهی $(y=d)$ تنش برشی را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$\tau|_{y=d} = \rho\kappa^2 d^2 (\frac{\partial u}{\partial y}|_{y=d})^2 \quad (۱۶)$$

از طرفی برای تنش برشی در $y=d$ رابطه زیر را نیز می‌توان نوشت:

$$\tau|_{y=d} = \rho u_*^2 \quad (۱۷)$$

با برابر قرار دادن روابط(۱۷) و (۱۸)، $\frac{\partial u}{\partial y}$ در $y=d$ بدست می‌آید:

$$\frac{\partial u}{\partial y}|_{y=d} = \frac{u_*}{\kappa d} \quad (۱۸)$$

همچنین سرعت در $y=d$ را می‌توان از توزیع سرعت جریان اصلی بدست آورد یعنی:

$$u|_{y=d} = V_0 \quad (۱۹)$$

در انتهای منطقه انتقالی یعنی در $y=0$ سرعت ثابت می‌شود و شرایط بصورت زیر می‌باشد:

$$\frac{\partial u}{\partial y}|_{y=0} = 0 \quad (۲۰)$$

$$u|_{y=0} = V_s \quad (۲۱)$$

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-27]

۲-۴. حل تحلیلی

برای حل معادله (۱۶) بصورت تحلیلی از متغیر میانی t بصورت زیر استفاده می‌شود:

$$\frac{\partial u}{\partial y}=t \qquad (۲۲)$$

$$\frac{\partial t^2}{\partial y}=2t\frac{\partial t}{\partial y}=2t\frac{\partial t}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial y}=2t^2\frac{\partial t}{\partial u} \qquad (۲۳)$$

$$2\kappa^2 d^2 t^2\frac{\partial t}{\partial u}=\frac{g}{C^M}(u^M-V_s^M) \qquad (۲۴)$$

$$2\kappa^2 d^2 t^2 dt=\frac{g}{C^M}(u^M-V_s^M)du \qquad (۲۵)$$

با انتگرال‌گیری از طرفین رابطه (۲۶) رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\frac{2}{3}\kappa^2 d^2 t^3=\frac{g}{C^M}\left(\frac{u^{M+1}}{M+1}-V_s^M u+A\right) \qquad (۲۶)$$

در رابطه فوق ثابت انتگرال‌گیری می‌باشد که با استفاده از شرط مرزی (۲۱) بصورت زیر بدست می‌آید:

$$A=\frac{M}{M+1}V_s^{M+1} \qquad (۲۷)$$

با جایگذاری روابط (۲۸) و (۲۳) در (۲۷) رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\frac{2}{3}\kappa^2 d^2\left(\frac{du}{dy}\right)^3=\frac{g}{C^M}\left(\frac{u^{M+1}-V_s^{M+1}}{M+1}-V_s^M(u-V_s)\right) \qquad (۲۸)$$

با جایگذاری شرایط مرزی (۲۰) و (۱۹) در (۲۹) ضخامت لایه انتقالی بدست می‌آید:

$$d=\left(\frac{2}{3}\frac{C^M u_*^3}{\kappa g}\right)/\left(\frac{V_0^{M+1}-V_s^{M+1}}{M+1}-V_s^M(V_0-V_s)\right) \qquad (۲۹)$$

برای بدست آوردن توزیع سرعت رابطه (۲۹) را میتوان بصورت زیر نوشت :

$$\frac{du}{dy}=\left(\frac{u^{M+1}-V_s^{M+1}}{M+1}-V_s^M(u-V_s^N)\right)^{1/3}/\left(\frac{2}{3}\frac{\kappa^2 d^2 C^M}{g}\right)^{1/3} \qquad (۳۰)$$

و با جایگذاری d از رابطه (۳۰) در (۳۱) رابطه زیر بدست می‌آید:

$$y=\int_0^y dy=\int_{V_s}^{u}\left[\left(\frac{2}{3}\frac{C^M u_*^2}{g}\right)/\left(\frac{u^{M+1}-V_s^{M+1}}{M+1}-V_s^M(u-V_s)\right)^{1/3}/\left(\frac{V_0^{M+1}-V_s^{M+1}}{M+1}-V_s^M(V_0-V_s)\right)^{2/3}\right]du \qquad (۳۱)$$

با انتگرال‌گیری از رابطه فوق پروفیل سرعت در منطقه انتقالی بدست می‌آید:

$$\frac{dy}{du}=\left(\frac{2}{3}\frac{C^M u_*^2}{g}\right)/\left(\frac{u^{M+1}-V_s^{M+1}}{M+1}-V_s^M(u-V_s)\right)^{1/3}/\left(\frac{V_0^{M+1}-V_s^{M+1}}{M+1}-V_s^M(V_0-V_s)\right)^{2/3} \qquad (۳۲)$$

انتگرال فوق را نمی‌توان بصورت صریح حل کرد و برای حل آن باید از روش‌های عددی استفاده کرد. همچنین با حل انتگرال فوق از V_s تا V_0 می‌توان d یعنی ضخامت لایه انتقالی را محاسبه کرد یعنی:

$$d=\int_{V_s}^{V_0}\left[\left(\frac{2}{3}\frac{C^M u_*^2}{g}\right)/\left(\frac{u^{M+1}-V_s^{M+1}}{M+1}-V_s^M(u-V_s)\right)^{1/3}/\left(\frac{V_0^{M+1}-V_s^{M+1}}{M+1}-V_s^M(V_0-V_s)\right)^{2/3}\right]du \qquad (۳۳)$$

توجه شود که ثابت‌های C و M ثابت‌هایی هستند که با بهینه‌سازی بدست می‌آیند.

۳. آزمایشات

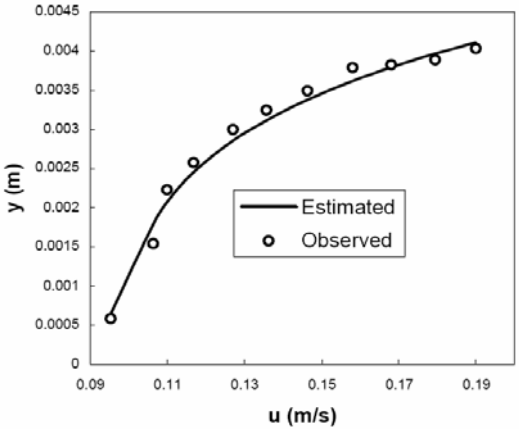
برای واسنجی و ممیزی مدل تحلیلی حاضر، نیاز به داده‌های واقعی می‌باشد که در این راستا آزمایشاتی در آزمایشگاه هیدرولیک با استفاده از نی‌های شبیه‌سازی شده انجام و داده‌های موردنظر بدست آمد. در این آزمایشات از نی‌هایی با ارتفاع یکسان و قطر متوسط ۷ میلی‌متر در دو ارتفاع ۵ و ۱۰ سانتی‌متر استفاده شده است. فلوم استفاده شده در آزمایشات دارای مقطع مستطیلی عرض ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۵ سانتی‌متر بوده است. برای اندازه‌گیری سرعت آب در امتداد عمق در طول پوشش از یک میکرومولینه با دقت ۰/۱ میلی‌متر بر ثانیه استفاده گردید.

۴. نتایج و بحث

در مجموع ۳۰ آزمایش با دبی‌ها و شیب‌های مختلف انجام شد. ۶۰ درصد آنها برای واسنجی مدل استفاده شد و ۴۰ درصد بقیه نیز برای ممیزی مدل استفاده گردید. در واسنجی مدل با بهینه‌سازی معادله $\delta=\Sigma(V_{Observed}-V_{Estimated})^2$ و مینیمم‌کردن مقدار خطا (δ)، مقادیر زیر برای ثابت‌های C و M بدست آمد:

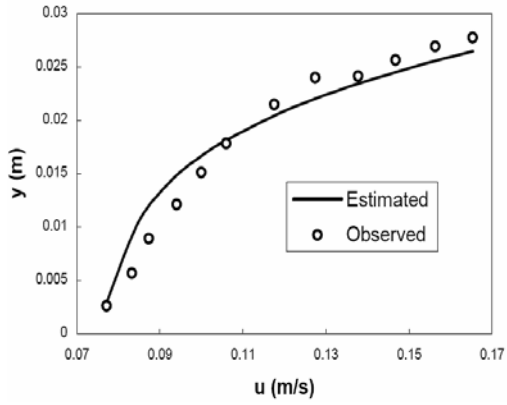
$$C=1.2$$
$$M=2.02$$

برای نمونه پروفیل سرعت اندازه‌گیری شده و نتایج مدل در سه آزمایش از آزمایش‌های انجام شده در ذیل ارائه می‌گردد:

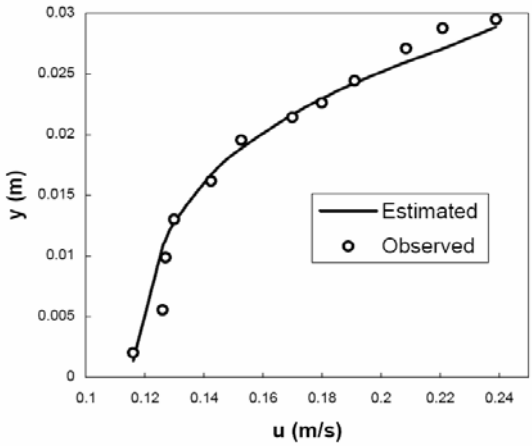


شکل ۲. مقایسه نتایج اندازه‌گیری شده و نتایج مدل برای یک نمونه آزمایش با مشخصات ۵ cm = ارتفاع نی، ۱۱۹/۵ mm = عمق آب، ۳/۰۳۴ lit/s = دبی، ۱:۵۰۰ = شیب کف فلوم

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-27]



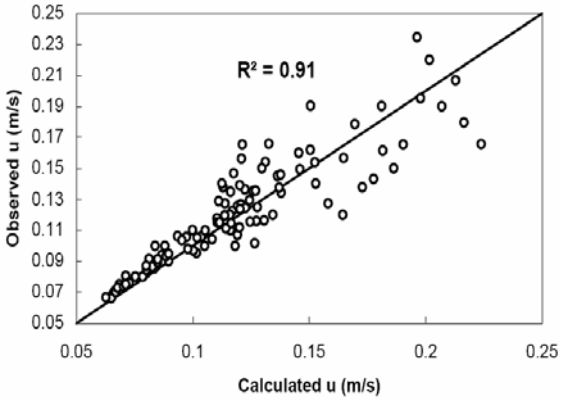
شکل ۳. مقایسه نتایج اندازه‌گیری شده و نتایج مدل برای یک نمونه آزمایش با مشخصات ۱۰ cm = ارتفاع نی، ۶۷ mm = عمق آب، lit/s ۴/۹۶۳ = دبی، ۱:۶۰ = شیب کف فلوم



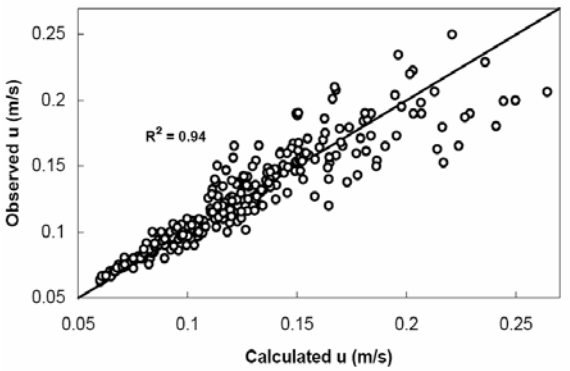
شکل ۴. مقایسه نتایج اندازه‌گیری شده و نتایج مدل برای یک نمونه آزمایش با مشخصات ۱۰ cm = ارتفاع نی، ۱۵۰/۶ mm = عمق آب، ۶/۴۸۷ lit/s = دبی، ۱:۲۵۰ = شیب کف فلوم

۵. ارزیابی و تأیید نتایج

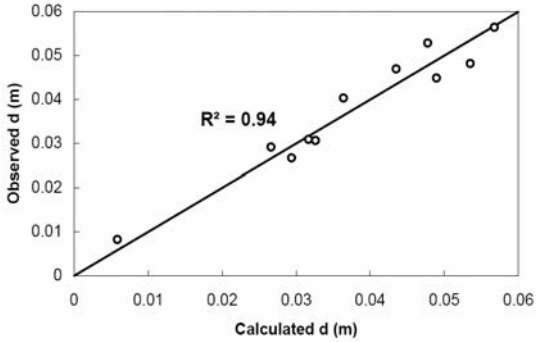
در شکل‌های ۵ تا ۸ نتایج مدل در تخمین توزیع سرعت و ضخامت لایه انتقالی در حالت‌های ممیزی و کل آزمایشات نشان داده شده است:



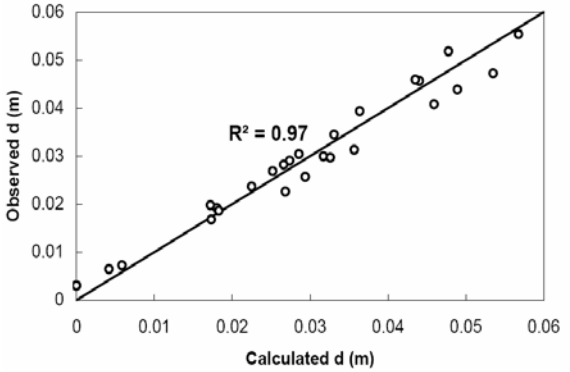
شکل ۵. مقایسه سرعت‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در آزمایشات بکار رفته برای ممیزی مدل



شکل ۶. مقایسه سرعت‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در کل آزمایشات



شکل ۷. مقایسه ضخامت لایه انتقالی در حالت‌های مشاهده شده و محاسبه شده در آزمایشات بکار رفته برای ممیزی مدل



شکل ۸. مقایسه ضخامت لایه انتقالی در حالت‌های مشاهده شده و محاسبه شده در کل آزمایشات

۵. نتیجه‌گیری

توزیع سرعت در جریان مستغرق در آبراهه‌های با پوشش گیاهی انعطاف‌ناپذیر حائز اهمیت می‌باشد. علاوه بر آبراهه‌ها نمونه این نوع توزیع را می‌توان در حرکت باد بر روی پوشش‌های گیاهی و جنگل‌ها عنوان نمود. نیمرخ توزیع سرعت مذکور به سه منطقه یکنواخت تحتانی، انتقالی و لگاریتمی فوقانی تقسیم می‌شود. در توزیع سرعت مذکور مهمترین ناحیه، ناحیه‌ایست که موسوم به انتقالی می‌باشد. منطقه انتقالی در اثر تاثیر جریان بالای پوشش گیاهی به درون آن بوجود می‌آید و روابط معمول توزیع سرعت در آبراهه‌ها این منطقه را مدل نمی‌کند.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-27]

در این مقاله مدل مبتنی بر معادله تعادل نیروها برای ناحیه انتقالی ارائه گردید و با درنظر گرفتن نیروهای وارده به المان سیال در این منطقه (نیروی وزن آب، نیروی درگ و تنش برشی بین لایه‌های سیال)، معادله دیفرانسیلی تعادل نیروها بدست آمد. با استفاده ازیک تغییر متغیر و دو بار انتگرال‌گیری ضخامت لایه انتقالی به شکل تحلیلی مورد محاسبه قرار گرفت و نیز توزیع سرعت ناحیه انتقالی پیش‌بینی شد. آزمایشات لازم جهت واسنجی و ممیزی مدل انجام گردید. در این آزمایشات که در یک فلوم آزمایشگاهی صورت گرفت از نی‌های انعطاف‌ناپذیر در دو اندازه استفاده شد و آزماشات مختلفی در دبی‌ها و شیب‌های مختلف انجام شدند. ۶۰ درصد آزمایشات انجام شده برای واسنجی و بقیه برای ممیزی مدل استفاده شد. برای ارائه نتایج توزیع سرعت و ضخامت لایه انتقالی در حالت‌های محاسبه شده و مشاهده شده با هم مقایسه شدند. ضریب R^2 برای کلیه نقاط توزیع سرعت و ضخامت‌های اندازه‌گیری شده در آزمایشات مربوط به ممیزی مدل به ترتیب برابر ۰/۹۱ و ۰/۹۴ بدست آمد. در بررسی نتایج مدل در حالت توزیع سرعت همانگونه که در اشکال مشخص است، خطا در سرعت‌های بالا افزایش می‌یابد. علت این امر به علت نوسان‌های نی‌ها به خاطر حرکت آب می‌باشد و چون دامنه نوسان در بالای نی‌ها افزایش می‌یابد و سرعت نیز در این منطقه بیشتر می‌باشد، در نتیجه خطا در سرعت‌های بالا افزایش می‌یابد. نتایج مدل نشان داد که توزیع سرعت محاسبه‌ای و ضخامت لایه انتقالی با دقت مطلوبی قابل محاسبه می‌باشد و لذا این مدل تحلیلی می‌تواند جایگزین روش‌های تجربی دیگر گردد.

مراجع

[1] Christensen, B.A.,. *"Open Channel and Sheet Flow Over Flexible Roughness"*. Cylindritical Roughness. Journal of Hydraulic Engineering, 128: 1985, PP.500-506.

[2] El-Hakim, O., Salama, M.M.,. *"Velocity Distribution Inside and Above Branch"* Flexible Roughness Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 118, 6, 1992, PP. 914- 927. ISSN 0733-9437.

[3] Fenzel, R.N.,. *Hydraulic Resistance of Broad*, Shallow, Vegetated Channel, PhD Thesis of California, Berkeley, California, 1962.

[4] Kouwen, N., Fathi-Moghadam, M., *Friction Factors for Coniferous Trees Along Rivers.* Journal of Hydraulic Engineering, 126: 2000, PP.732-740.

[5] Kouwen, N., Unny, T.E., *"Flexible Roughness in Open Channels."* Journal of Hydraulic Division, ASCE، 99(5): 1973, PP. 713-728.

[6] Kouwen, N., Unny, T.E., Hill, H.M., *Flow Resistance in Vegetated Channels.* Journal of the Irrigation and Drainage Division, 95, IR2, 1969, PP. 329-340

[7] Tsujimoto, T., Kitamura, T., *Experimental Study on Flow With Vegetated Zone in the Middle of Open Channel.* KHL Communication Rep. No. 1. Kanazawa University, Japan, 1992.

[8] Tsujimoto, T., Shimizu, Y., Kitomura, T., Okada, T., *Turbulent Open Channel Flow Over Bed Covered by Rigid Vegetation.* Journal of Hydroscience and Hydraulic Engineering. 10, 2, 1992, PP. 13-25.

[9] Tsujimoto, T., Shimizu, Y., Kitamura, T., Okada, T., *Turbulent Open-Channel Flow Overed by Vegetation*. KHL. Hydraulic Research, 92-93، Hydraulic Laboratory، Kanazawa، University, 1992.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-27]