

تأثیر چینش پوشش درختی بر میزان ضریب پسا در مواجهه با امواج بلند

گلناز میرزاخانی^۱، الهام قنبری عدبوی^۲، روح اله فتاحی نافچی^۳

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۱

مقاله: علمی پژوهشی

چکیده

در این پژوهش، نتایج بررسی آزمایشگاهی در مورد تأثیر چینش پوشش درختی و شرایط هیدرولیکی بر میزان ضریب پسا^۴ درختان در طول امواج بلند ارائه شده است. مدل ساحل و پوشش گیاهی در یک فلوم لبه چاقویی مجهز به سیستم نیروسنج (لودسل) و دستگاه سرعت سنج صوتی داپلر^۵ تعبیه گردید. آزمایش‌ها در دو چیدمان مثلثی و مستطیلی که شامل تراکم‌های مختلف از ۱۲ تا ۲۷۳ ساقه در واحد سطح می‌باشد، انجام شد. نتایج نشان داد که ضریب پسا درختان با سرعت جریان رابطه عکس دارد و با کم شدن سرعت جریان ضریب پسا افزایش می‌یابد. همچنین مشخص شد که درختان توانایی و تأثیر قابل توجهی در جذب نیرو و استهلاک انرژی امواج دارند. بطوریکه به طور متوسط با افزایش ۱۵ درصدی مساحت اشغال شده توسط پوشش ۱۲ درصد به مقادیر ضریب پسا اضافه شده است. در متراکم‌ترین حالت (معادل ۲۷۳ ساقه در واحد سطح) با افزایش ارتفاع نسبی موج، با توجه به اینکه موج در ناحیه برخورد با ساحل و شکست موج با تعداد بیشتری از پوشش درگیر است متقابلاً نیروی کششی هم افزایش یافته و در نتیجه آن ۱۸ درصد به ضریب پسا افزوده شده است. همچنین در متراکم‌ترین حالت با کاهش مقدار رینولدز ساقه، ضریب پسا ۳۳ درصد افزایش یافته است و در کمترین تراکم مقدار افزایش ضریب پسا به ۴۴ درصد رسیده است.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، ضریب پسا، موج بلند، نیروی کششی

^۱ دانشجوی، کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، ایران، تلفن تماس: ۰۰۹۳۰۳۸۱۷۷۱۰، پست الکترونیکی: Golnaz.mirzakhani2013@yahoo.com
^۲ استادیار گروه سازه‌های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، ایران، تلفن تماس: ۰۰۹۱۶۶۰۷۷۰۳۷، پست الکترونیکی: ghanbariadi@sku.ac.ir (نویسنده مسئول).

^۳ دانشیار گروه سازه‌های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، ایران، تلفن تماس: ۰۰۹۱۳۱۸۲۱۰۰۸، پست الکترونیکی: fattahi@sku.ac.ir

^۴ Drag coefficient

^۵ Acoustic Doppler Velocimeter (ADV)



مقدمه

و جهت جریان استفاده کردند. نتایج تحقیقات این محققان نشان می‌دهد که در همه شیب‌ها با افزایش زاویه بین ردیف پوشش گیاهی و جهت جریان، ضریب پسا پوشش گیاهی کاهش می‌یابد. در واقع ابتدا ضریب پسا پوشش گیاهی تا محدوده عمق جریان ۰/۰۵، ۰/۰۴، ۰/۰۳ و ۰/۰۲ متر به ترتیب برای شیب‌های ۰، ۰/۵، ۱ و ۳ درصد، کاهش می‌یابد و بتدریج با افزایش عمق جریان، تثبیت می‌شود.

(قنبری عدیوی و فتحی مقدم، ۱۳۹۴) به تأثیر پوشش گیاهی بر میزان ضریب پسا گروهی درختان و مقاومت پوشش در مقابل امواج ساحلی پرداختند. آزمایش‌ها به صورت دوبعدی در فلوم دارای امکان ایجاد موج، برای ارزیابی تأثیر پوشش بر کاهش اثر امواج دریا انجام شد. ساقه‌های پلاستیکی بدون انعطاف با قطر ۱/۵ و ۲ سانتی‌متر و در شرایط غیر مستغرق در قسمت ساحلی کانال در دو فاصله بین پوشش ۵×۵ و ۱۰×۱۰ (فاصله بر حسب سانتیمتر) به کار گرفته شد. نتایج تجربی نشان داد نیروی مستهلک شده از امواج در حالت ۵×۵ بطور متوسط ۱/۳ برابر نیرو در حالت ۱۰×۱۰ است. بیشترین تأثیر پوشش بر ایجاد نیروی کشش و مقاومت در مقابل امواج در ردیف‌های جلویی جریان می‌باشد به طوری که از میزان افزایش ضریب کشش ردیف اول به دوم به طور متوسط بین ۱۵ تا ۲۰ درصد و ردیف دوم به سوم بین ۳۰ تا ۴۰ درصد کاسته شده است.

(زارعی و همکاران، ۱۳۹۵) به بررسی اثر پوشش گیاهی ساحلی بر میرایی نیروی مخرب امواج منفرد ناشکنا^۱ در سواحل شیب‌دار پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش ارتفاع موج ورودی نیروی اعمال شده بر روی پوشش افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش تراکم پوشش گیاهی، نیروی مخرب موج کاهش بیشتری داشته بطوریکه در بیشینه حالت بطور متوسط ۵۵ درصد کاهش در نیروی مخرب نسبت به شرایط بدون پوشش مشاهده شده است.

افزایش ارتفاع سطح آب دریاها، همراه با تغییرات جهانی آب و هوا ممکن است فرکانس طبیعی امواج سطح دریا را افزایش دهد و فاجعه در نواحی ساحلی به وجود آورد. در میان خطرات بالقوه جریان و امواج در سواحل، سونامی‌ها تأثیر ویژه‌ای در مناطق ساحلی با احتمال افزایش سطح دریا، دارند. پس از سونامی ۲۰۰۴ اقیانوس هند، بسیاری از محققان موفق به بررسی اثرات پوشش گیاهی روی انتشار سونامی از طریق مطالعات آزمایشگاهی و شبیه‌سازی عددی شده‌اند (Maza et al., 2015).

تا به امروز، بیشترین اثر شناخته شده پوشش گیاهی در منطقه ساحلی، تضعیف امواج دریا است (Mendez and Losada., 2004). عملیات حفاظتی مبتنی بر طبیعت سواحل به شکل موج‌شکن‌های گیاهی بطور فزاینده‌ای در طرح‌های حفاظت ساحلی رایج است. پوشش گیاهی باعث کاهش تأثیر موج در سواحل طبیعی و ساختارهای دفاعی ساحلی می‌شود (Leonardi et al., 2018; Moller et al., 2014). همچنین پوشش گیاهی باعث کاهش تأثیر طوفان‌ها می‌شود و زیستگاه‌های طبیعی را تقویت می‌کند (Nordstrom., 2014)، فرصت‌های تفریحی را فراهم می‌کند (Foster et al., 2013). علاوه بر تأثیر پوشش گیاهی در کاهش خطرات ساحلی، هزینه‌های حفاظت از ساحل را نیز کاهش می‌دهد. در بسیاری از مناطق ساحلی جهان، پوشش گیاهی به طور ضمنی بخشی از سیستم دفاع سیل است و مهندسان ساحلی بطور فزاینده‌ای از عملکرد مهم ایمنی آن آگاه می‌شوند (Borsje et al., 2011).

(Zhang et al., 2017) به بررسی تأثیر جهت و شیب پوشش گیاهی بر روی ضریب پسا پرداختند. آن‌ها برای مدل‌سازی ساقه هر درخت از شکل هندسی استوانه استفاده کردند. از ۴ شیب ۰، ۰/۵، ۱ و ۳ درصد و ۳ زاویه ۳۰، ۴۵ و ۹۰ درجه بین ردیف پوشش گیاهی

¹Non-breaking solitary Waves

پذیری گیاه یک پارامتر در تعامل موج و پوشش گیاهی است که نقش کمی در کنترل میرایی موج و سرعت را دارد.

(Rashedunnabi and Tanaka., 2020) تاثیر پوشش گیاهی صلب دو لایه (ترکیبی از درختان کوتاه و بلند) در کاهش سرعت و نیروی حاصل از سونامی در پشت پوشش گیاهی را بررسی کردند. آزمایش‌ها را در یک فلوم تحت شرایط جریان شبه‌ماندگار انجام دادند. برای شبیه‌سازی درختان از مقیاس ۱ به ۱۰۰ با قطر ۰/۰۰۴ متر و دو ارتفاع ۰/۰۳ و ۰/۰۵ متر استفاده کردند. پوشش گیاهی دو لایه باعث افزایش ارتفاع آب در ابتدای پوشش گیاهی شد و مقدار زیادی حباب هوا را در بعد از پوشش گیاهی بوجود آورد. در مقایسه با پوشش گیاهی تک لایه (ارتفاع درختان ۰/۰۳)، پوشش گیاهی دو لایه سرعت جریان در قبل، میان و بعد از پوشش گیاهی را بترتیب تا حداکثر ۱۸ درصد، ۷۴ درصد و ۳۳ درصد کاهش داد.

بررسی تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد که اطلاعات مربوط به نیروی وارده بر ساحل و اندازه‌گیری مستقیم این پارامتر در دو حالت با و بدون پوشش گیاهی، به ویژه در شرایط حضور امواج بلند تا حدودی مبهم و البته محدود بوده و نیازمند تحقیقات بیشتری جهت بررسی پارامترهای مؤثر پوشش گیاهی بر کاهش اثرات مخرب امواج با استفاده از روش مستقیم اندازه‌گیری نیروی مقاوم درختان (نیروی کششی)، می‌باشد. به همین دلیل این پژوهش به بررسی تأثیر چینش پوشش درختی و شرایط هیدرولیکی جریان بر میزان ضریب پسا درختان در طول امواج بلند پرداخته است.

نظریه نیروی کشش

هنگامی که حرکت نسبی بین مایع و یک جسم غوطه‌ور وجود داشته باشد، سیال نیرویی را روی آن جسم وارد می‌کند. برای جریان‌هایی که به موازات سطح و روی یک صفحه نازک حرکت می‌کنند، این نیرو به

(Chen et al., 2018) ضریب پسا پوشش گیاهی در جریان موج را با دو روش مبتنی بر تئوری (استفاده از فرمول) و اندازه‌گیری مستقیم بررسی کردند. این مطالعه یک مقایسه کامل بین دو روش موجود را انجام داده و روابط $CD-KC$ (ضریب پسا- عدد کلوگان کارپنتر^۱) را در جریان موج بررسی می‌کند. نتایج نشان داد که ضریب پسا حاصل از روش اندازه‌گیری مستقیم همبستگی بیشتری ($R^2=0/98$) نسبت به روش فرمول با ضریب همبستگی ($R^2=0/26$) در مقابل نیرو و اتلاف انرژی موج دارد.

در مقایسه‌ای متفاوت (Suzuki et al., 2019) به مدل‌سازی غیر هیدرواستاتیک ضریب پسا و اثرات تخلخل بر انتشار موج در حضور پوشش گیاهی متراکم پرداختند. نتایج نشان داد که تفاوت بین استوانه‌های پوشش گیاهی عمودی و افقی در اتلاف موج در هنگام قرار گرفتن در معرض امواج کوتاه‌تر بیشتر است، زیرا در این شرایط مؤلفه عمودی سرعت موج برجسته‌تر است. هر دو اثر تخلخل و اینرسی با تراکم پوشش گیاهی بالاتر برجسته‌تر است. اثرات تخلخل می‌تواند باعث بازتاب موج و منجر به کاهش ارتفاع موج در حضور پوشش گیاهی شود، در حالی که نیروی اینرسی منجر به اتلاف انرژی می‌شود که باعث کاهش ظرفیت میرایی موج پوشش گیاهی می‌شود.

(Thomas et al., 2020) به مطالعه تجربی در مورد انعطاف پذیری پوشش گیاهی به‌عنوان پارامتر کنترل میرایی موج و ساختار سرعت پرداختند. آن‌ها آزمایش‌ها را در فلومی با دو نوع پوشش گیاهی منعطف و صلب انجام دادند. میزان میرایی و سرعت ذرات آب را در اطراف هر دو نوع پوشش گیاهی بررسی کردند. نتایج نشان داد که تضعیف موج توسط پوشش گیاهی منعطف به دلیل عبور موج از شاخ و برگ پوشش بین ۲۰ تا ۷۰ درصد کمتر از پوشش گیاهی صلب است. پوشش گیاهی صلب ساختار سرعت را کنترل می‌کند در حالی که پوشش منعطف نسبت به پوشش صلب تأثیر کمتری در کنترل سرعت دارد. این نتایج نشان می‌دهد که انعطاف

^۱ Keulegan-Carpenter number



تحلیل ابعادی

برای طبقه‌بندی کردن نتایج تجربی حاصل از مدل می‌توان از آنالیز ابعادی و تعیین پارامترهای بدون بعد استفاده کرد. متغیرهای بدون بعد در مطالعات آزمایشگاهی از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشند. روش‌های مختلفی برای تحلیل ابعادی موجود است که از مهم‌ترین و پرکاربردترین آنها روش π باکینگهام می‌باشد.

به منظور بررسی تأثیر پوشش گیاهی انعطاف ناپذیر بر نیروی امواج (با ارتفاع موج بلند) در سواحل (F)، پارامترهای مختلفی از جمله ارتفاع موج بعد از پوشش (H)، سرعت موج قبل از پوشش (V)، لزجت دینامیکی آب (μ_w)، چگالی نسبی آب (ρ_w)، شتاب ثقل (g)، قطر پوشش (d)، عرض پوشش (w)، طول پوشش (L_g)، فواصل بین هر دو درخت متوالی در عرض و در طول درختان (L_s)، شیب ساحل (S)، ضریب درگ (C_d) تأثیر گذارند:

$$f(F, H, d, V, \mu_w, \rho_w, w, g, L_g, L_s, S, C_d) = 0 \quad (4)$$

که با استفاده از روش π باکینگهام و ۱۲ پارامتر مؤثر در تحلیل ابعادی و انتخاب سه متغیر d و V و ρ_w به عنوان متغیرهای تکراری، ۹ پارامتر بی بعد زیر به دست آمد:

$$f\left(\frac{F}{d_2 V_2 \rho_w}, \frac{H}{d}, \frac{\mu}{\rho_w V d}, \frac{w}{d}, \frac{g d}{V^2}, \frac{L_g}{d}, C_d, \frac{L_s}{d}, S\right) = 0 \quad (5)$$

به علت ثابت بودن شیب ساحل (S) و طول پوشش (L_g) و قطر پوشش (d) از دو نسبت بی بعد $\frac{L_g}{d}$ ، S، صرف نظر شده و در نهایت با حذف پارامترهای بی تأثیر در این پژوهش سایر پارامترهای بی بعد به صورت زیر می‌باشد:

$$f\left(\frac{F}{d_2 V_2 \rho_w}, \frac{\mu}{\rho_w V d}, C_d\right) = 0 \quad (6)$$

نسبت $\frac{\mu}{\rho_w V d}$ در واقع عدد رینولدز ساقه است که برای بررسی تأثیر توامان درختان (به عنوان زبری) و

دلیل تنش برشی ناشی از تعامل چسبناک بین سیال و سطح است که معمولاً به عنوان کشش سطحی نامیده می‌شود. در موردی که سطح کاملاً موازی با جهت جریان نباشد، یک نیروی کششی اضافی وجود دارد که ناشی از تغییرات فشار بر روی سطح است که اصطلاحاً نیروی فشاری نامیده می‌شود. بنابراین نیروی کشش کل مجموع دو نیروی زیر است

$$F = F_S + F_P$$

(۱)

که F_S کشش ناشی از اصطکاک سطح است و F_P کشش ناشی از فشار است. نسبت نسبی اصطکاک و فشار که کشش کل را به خود اختصاص می‌دهد، به شکل جسم و جهت گیری آن در جریان سیال بستگی دارد (Whittaker et al., 2013). اگرچه F_S و F_P را می‌توان در اطراف سطح جسم به صورت تحلیلی تعیین کرد، این امر نیاز به دانش دقیق در مورد توزیع فشار و تنش برشی در اطراف جسم دارد. بنابراین، در عمل معمولاً نیروی کششی F به صورت تجربی تعیین می‌شود و از طریق رابطه زیر با پارامترهای خاصی مرتبط است:

$$F_D = \frac{1}{2} \rho C_d A_f V^2 \quad (2)$$

که ρ چگالی مایع C_d ضریب پسا، A_f سطح مقابل جریان و V سرعت است.

با استفاده از رابطه (۲) می‌توان ضریب پسا را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$C_d = \frac{2F_d}{\rho A_f V^2} \quad (3)$$

این شکل معادله مبتنی بر قوانین حرکت نیوتن است و در مقالات علمی و مهندسی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. که به طور مفصل در مقالات Niklas (1992) و Vogel (1994) توضیح داده شده است.

جهت اندازه‌گیری نیروی وارده بر ساحل با حضور و عدم حضور پوشش گیاهی، چون ساحل بر روی صفحه-ای متحرک طراحی شده است، صفحه در آستانه سقوط قرار می‌گیرد که هر لحظه این امکان وجود دارد که با اعمال کوچکترین نیرویی تعادل خود را از دست داده و سقوط نماید و این در حالی است که نیروسنج متصل به این بخش از فلوم (صفحه ساحل)، مانع سقوط آن شده و حکم برقرار کننده تعادل را بازی می‌نماید. در حقیقت همین نیروی صرف شده جهت برقراری تعادل، توسط حسگر بار دینامیکی امکان ثبت مقدار اندازه حرکت وارده از طرف موج بر ساحل شبیه‌سازی شده را فراهم و سیگنال‌های ارسالی توسط حسگر به وسیله یک نمایشگر الکترونیکی ثبت ذخیره می‌گردند. لودسل مورد استفاده در این پژوهش از نوع تک پایه با ظرفیت ۵۰ کیلوگرم، کلاس دقت اندازه‌گیری C3 و خطای لودسل ۰/۰۲۳ درصد بود، که به سبب نصب شدن در جلوی فلوم لبه چاقویی، میزان نیروی لحظه‌ای اعمالی از طرف موج ورودی به مدل ساحل و پوشش درختی را به نمایشگر الکترونیکی مدل PM-LD01 که قابلیت ثبت حداکثر نیروی اعمالی را داشت، منتقل می‌کرد.

به منظور اندازه‌گیری سرعت و تعیین الگوی جریان از دستگاه سرعت‌سنج سه بعدی صوتی وکترینو-پلاس^۱ که یکی از پیشرفته‌ترین انواع سرعت‌سنج‌های داپلر صوتی می‌باشد و امکان بررسی خصوصیات آشفتگی جریان را برای کاربر ایجاد می‌کند، استفاده شد. این دستگاه بر اساس نحوه استقرار میله گیرنده آن، یعنی قسمتی که شاخک‌های مربوط به دریافت سیگنال بازگشتی ناشی از برخورد به ذره معلق در آب به آن متصل است، در داخل سیال به نوع جانب‌نگر، برای اندازه‌گیری سرعت جریان در نواحی نزدیک به سطح آب استفاده می‌شود. اطلاعات و سیگنال‌های دریافتی نیز توسط نرم‌افزار دیتالاگر^۲ نصب شده بر سیستم کامپیوتر متصل به دستگاه سرعت‌سنج، ثبت و ذخیره می‌شوند. محل نصب این دستگاه نیز قبل از صفحه ساحل می‌باشد. با توجه به هندسه مورد بررسی به

لزجت جریان از این عدد استفاده می‌شود. عدد رینولدز ساقه در مقایسه با عدد رینولدز جریان پیش بینی دقیق‌تری از شرایط و نحوه آزمایش‌ها می‌دهد. با توجه به اینکه این پارامتر به‌عنوان پارامتر معرف شرایط موج - پوشش درختی معرفی شده، لذا در تعیین رابطه بین تغییرات ضریب پسا با خصوصیات پوشش درختی تأثیر بیشتری دارد.

تجهیزات آزمایشگاهی

آزمایش‌ها در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه شهرکرد انجام شد. فلوم آزمایشگاهی به طول ۲۰ متر و عرض ۰/۶ متر و ارتفاع ۰/۶ متر و دارای کف فلزی و دیواره‌های شیشه‌ای از جنس پلکسی گلاس است. جریان آب مخزن اصلی از طریق موتور پمپ به تانکی ریخته می‌شود، سپس در مخزنی دیگر برای افزایش هد محبوس می‌شود و پس از یک آرامش نسبی، جریان به‌سرعت وارد فلوم شده و پس از عبور از طول ۲۰ متری کانال، در انتهای فلوم آب وارد تانک تخلیه جریان می‌شود. این تانک در حقیقت یک کانال و مخزن است که انرژی آب را کاهش داده و آب را وارد کانالی می‌نماید که برای اندازه‌گیری دبی و تخلیه جریان به مخزن اصلی در نظر گرفته شده است. به منظور ایجاد موج براساس شبیه‌سازی موج منفرد در بازه‌ای از کانال به طول ۲ متر مخزنی با کمک دو دریچه مشابه تحقیقات (Fathi-Moghadam et al., 2018) و (Jalil-Masir et al., 2021) ایجاد شد که آب در این مخزن در سطح‌های مختلف تنظیم و با بازکردن سریع دریچه موج با ارتفاع مشخصه مورد نظر ایجاد گردید. این روش مبتنی بر آزمایش‌ها و روش‌های پیشنهادی (Russell, 1845) در تولید موج منفرد است که اولین بار بر اساس مشاهدات عینی وی از موج منفرد در هنگام طراحی کانال کشتیرانی استفاده شده است. به اعتقاد وی موج منفرد را می‌توان با حذف یک مانع و آزادسازی حجم زیادی آب در یک مخزن، تولید نمود.

² Data Logger

¹ Vectrino+



بیان (Kishi and Saeki., 1966) مقدار پارامتر اورسل برای موج منفرد ناشی از ضربه در صورت حفظ تقارن در مسیر حرکت، بین ۱۰ تا ۴۰ بوده و هرگاه این مقدار بزرگتر از ۴۰ شد، پیشروی موج به صورت یک موج شکسته شده خواهد بود. که با محاسبه مقادیر پارامتر اورسل در این پژوهش در ارتفاع موج ورودی ۶ برای همه فواصل $10 < U_r < 40$ و برای دو ارتفاع موج ۹ و ۱۲ تقریباً مقدار پارامتر اورسل بزرگتر از ۴۰ بوده است که در این شرایط موج می‌شکند.

جهت شبیه‌سازی ارتفاع موج سونامی از مقیاس ۱ به ۱۰۰ در هر مرحله آزمایش استفاده شد. بدین صورت که با انجام آزمایش‌های مقدماتی سعی بر آن بود که ۳ ارتفاع موج در محدوده ۵ تا ۱۵ سانتی‌متر قرار گیرد. بنابراین با سه عمق آب پشت دریچه ۲۵/۶ سانتی‌متر و ۳۹/۵ سانتی‌متر و ۴۷ سانتی‌متر از کف بستر فلوم می‌توان به ترتیب به ارتفاع موج‌های ۶ و ۹ و ۱۲ سانتی‌متر در پنجه ساحل رسید.

صفحه متحرک مدل ساحل در بخش میانی کانال قرار گرفت و پوشش گیاهی صلب برای شبیه‌سازی ساحل مورد نظر بر صفحه ساحلی قرار داده شد، بدین ترتیب با متصل کردن نیروسنج (لودسل) به این صفحه امکان سنجش نیروی ناشی از امواج نیز فراهم شد. از دستگاه ADV برای اندازه‌گیری سرعت استفاده شد. آزمایش‌ها در دو حالت با پوشش و بدون پوشش انجام شد. برای شبیه‌سازی پوشش گیاهی صلب (ساقه درختان) از لوله‌های صلب پلاستیکی به قطر خارجی ۰/۹ سانتی‌متر، قطر داخلی ۰/۷ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۲ سانتی‌متر استفاده شد که پوشش در طول ۴۰ و ۴۵ سانتی‌متر، در چهار عرض مختلف ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر، فواصل ۵×۵، ۱۰×۱۰، ۱۵×۱۵ و ۲۰×۲۰ و در دو چیدمان مستطیلی و مثلثی و تراکم‌های مختلف در صفحه ساحل قرار داده شد. در شکل‌های ۱ و ۲ نحوه قرارگیری پوشش آورده شده است. همچنین در جدول ۱ شرایط و نحوه قرارگیری پوشش آورده شده است.

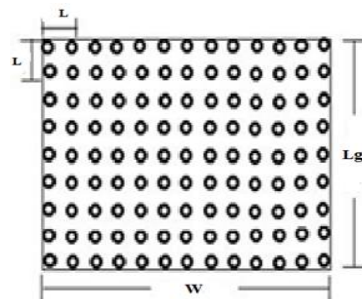
تخمین محل شکست امواج اقدام شد. در واقع این شکست موج نقطه شروع اغتشاش و آشفتگی در موج و آزاد شدن انرژی آن می‌باشد. بنابراین سرعت‌سنج مذکور در این محل، در ورودی ساحل نصب گردید و از این طریق امکان ثبت سرعت موج در لحظه شکست میسر گردید.

مراحل انجام آزمایش

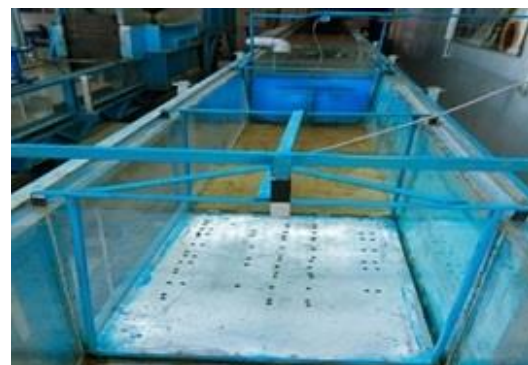
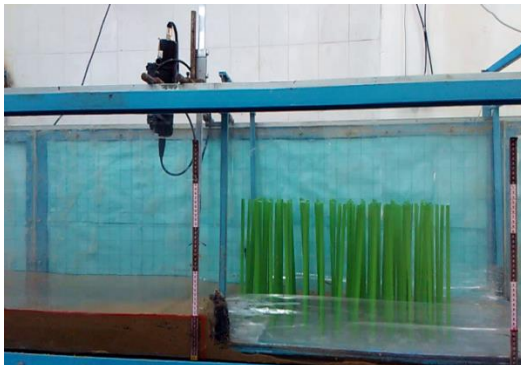
آزمایش‌ها در فلوم در بازه‌ای به طول ۸/۶ متر انجام شد. این بازه به سه قسمت طولی، ۲ متر برای ایجاد مخزن، ۳ متر قسمت مدل (ساحل و جریان آب قبل از صفحه ساحل)، ۳/۶ متر بخش پایین دست مدل تقسیم شد. مخزن با یک صفحه پلاکسی در ابتدای طول جدا شده فلوم و بعد از آن به فاصله ۲ متر از صفحه پلاکسی، با نصب دریچه فلزی کشویی ایجاد گردید. برای باز کردن دریچه از سیستم نخ و قرقره که متشکل از سیم بکسل و وزنه بود، استفاده گردید. عمق آب ساکن روی ساحل و عمق آب پشت دریچه کشویی تنظیم شد. برآوردن اهداف مطالعه حاضر، مستلزم تولید امواج شکسته شده می‌باشد. وقتی ارتفاع موج افزایش یابد و یا بدیلی زبری بستر افزایش یابد (مشابه پیشروی موج در ساحل) هرکدام بترتیب منجر به افزایش سرعت ذرات موج و کاهش سرعت انتشار موج شده که در نهایت در زمان برابری این دو سرعت و پس از آن با پیشی گرفتن سرعت ذرات در قله موج از سرعت ذرات پای موج منجر به فروپاشی و یا اصطلاحاً شکست موج خواهد شد. بطور کلی در پدیده مورد بررسی در این پژوهش فرض بر این است که با پیشروی موج در ناحیه آب‌های کم عمق، سرعت ذرات موج تحت تأثیر کاهش ژرفا (کاهش عمق آب) افزایش یافته، سرعت انتشار (پیشروی) موج نیز کاهش می‌یابد. در لحظه‌ای که سرعت ذرات موج با سرعت انتشار موج برابر گردد، موج تقارن خود را از دست داده، تیزی آن افزایش می‌یابد و در یک حالت حدی ناپایدار شده و شکست موج حاصل گردد (Sorensen., 2006). همچنین با توجه به

جدول (۱): شرایط و نحوه قرار گیری پوشش

فواصل (cm)	تعداد ردیف	تراکم (m^2 /تعداد)	تعداد ساقه		کد	مثلی
			مثلی	مستطیلی		
۲۰×۲۰	۴	۲۴	۱۰	۱۲	R1	T1
	۳	۱۸	۸	۹		
	۲	۱۲	۵	۶		
۱۵×۱۵	۵	۴۰	۱۸	۲۰	R2	T2
	۴	۳۲	۱۴	۱۶		
	۳	۲۴	۱۱	۱۲		
۱۰×۱۰	۷	۷۷	۳۱	۳۵	R3	T3
	۶	۶۶	۲۷	۳۰		
	۴	۴۴	۱۸	۲۰		
۵×۵	۱۳	۲۷۳	۱۱۱	۱۱۷	R4	T4
	۱۰	۲۱۰	۸۵	۹۰		
	۷	۱۴۷	۶۹	۷۲		
	۴	۸۴	۳۴	۳۶		



شکل (۱): نحوه قرار گیری پوشش در حالت مستطیلی



شکل (۲): نمایی از فلوم و ساحل مورد استفاده در آزمایش‌ها در حالت با و بدون پوشش



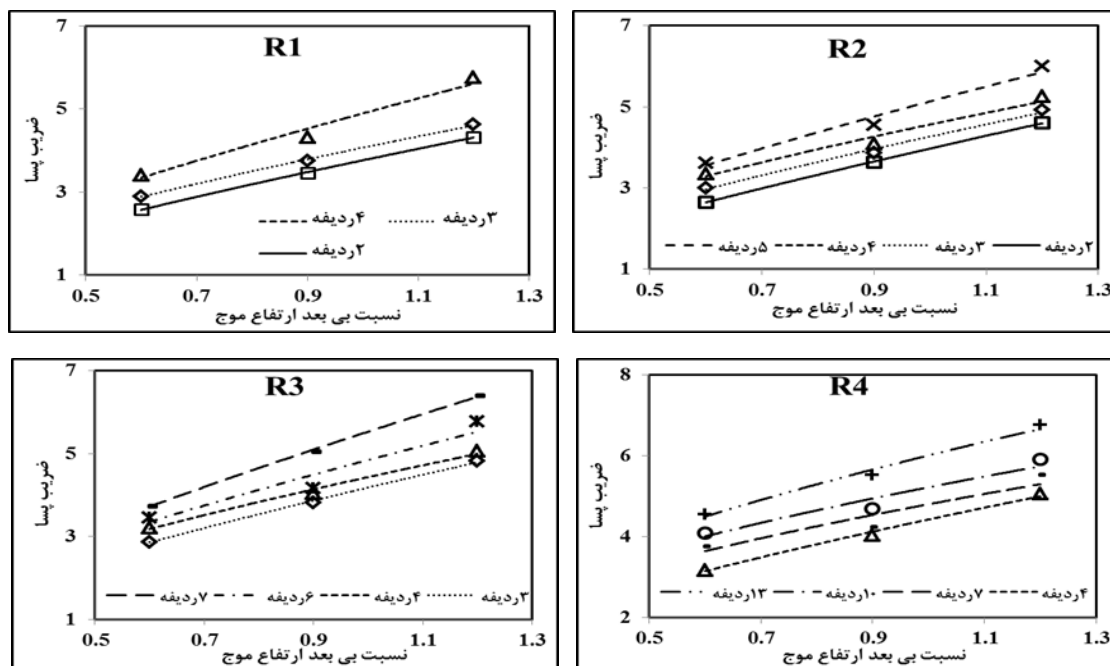
نتایج و بحث

هر نقطه، تعیین محل شکست موج، استخراج گردید. سرعت موج در لحظه برخورد به ساحل نیز در هر آزمایش با استفاده از سرعت سنج صوتی داپلر ثبت شده بود، بدست آمد. بنابراین با جایگذاری این مقادیر در رابطه ۳ مقدار ضریب پسا در هر آزمایش تعیین گردید. نتایج مقدماتی توسط (Cavallaro et al., 2010) نشان می دهد که با افزایش تراکم پوشش از میزان ضریب پسا کاسته می شود همچنین با افزایش ارتفاع موج ورودی، میرایی موج نیز افزایش می یابد. که روند تغییرات ارتفاع نسبی با ضریب پسا در ادامه آورده شده است.

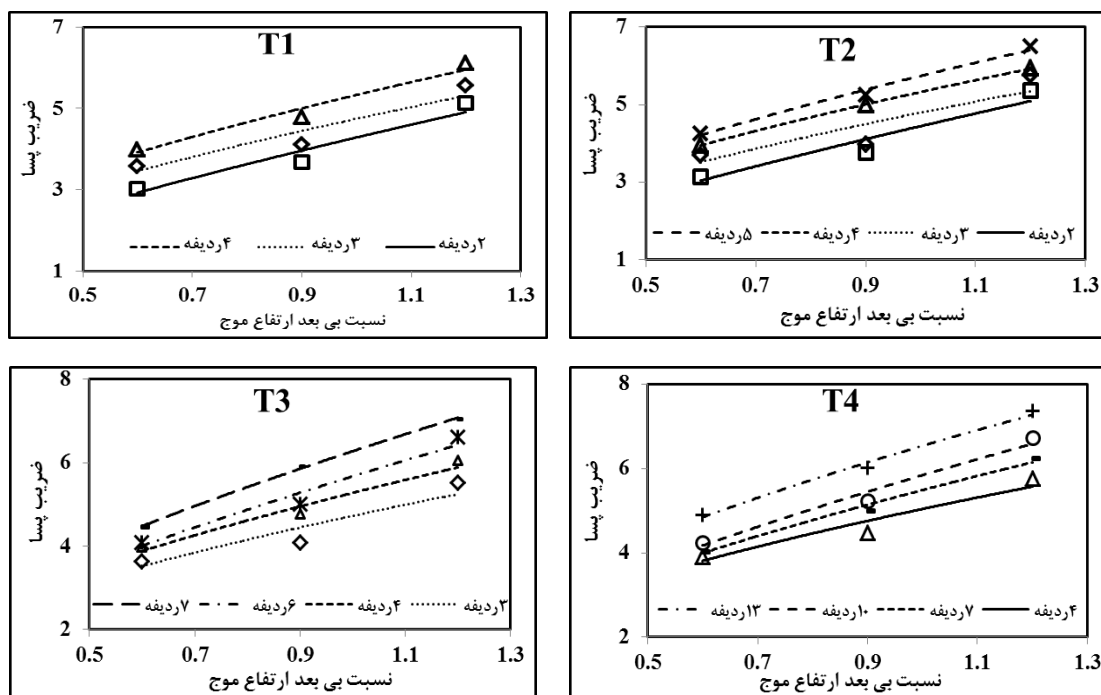
تأثیر ارتفاع نسبی موج بر ضریب پسا

به این منظور ضریب نیروی کششی در مقابل ارتفاع نسبی موج (یعنی H/d_0)، که در واقع نسبت ارتفاع موج عبوری به سطح آب ساکن روی ساحل است، ترسیم شد. نمودارها برای همه فواصل و دو چیدمان پوشش ترسیم شده و نتایج در شکل های ۳ و ۴ آورده شده است.

با استفاده از رابطه (۳) و محاسبه هر کدام از پارامترهای آن ضریب پسا محاسبه گردید. نیروی بیشینه از طریق لودسل ثبت شد که در واقع نیروی گرفته شده ناشی از امواج رانشان می دهد. برای محاسبه سطح مقابل جریان از فرمول $A=H \times n \times d$ استفاده شد. در واقع ارتفاع موج عبوری هنگام برخورد به پوشش (قبل از هر ردیف پوشش) و n تعداد پوشش در هر ردیف و d قطر پوشش می باشد. در این مطالعه دوربین بر روی سه پایه هایی در مقابل دیواره فلوم با فاصله کم، به گونه ای مستقر شد که برداشت فیلم از حرکت موج بر روی ساحل فراهم شد. سپس به کم فیلم ها و با استفاده از اشل های نصب شده بر روی فلوم میزان ارتفاع موج در نقاط مورد نیاز استخراج گردید. اشل شماره یک در ابتدای ساحل (بعد از دریچه کشویی) و اشل شماره دو و سه در قبل و بعد از پوشش قرار داشتند. با استفاده از نرم افزار پخش فیلم و تبدیل فیلم به تعداد فریم های آن، اطلاعاتی همچون ارتفاع موج در



شکل (۳): ضریب پسا برای چیدمان مستطیلی و ردیف های مختلف پوشش



شکل (۴): ضریب پسا برای چیدمان مثلثی و ردیف‌های مختلف پوشش

مساحت اشغال شده توسط پوشش ۱۲ درصد به مقادیر ضریب پسا اضافه شده است. همچنین در یک فاصله ثابت با عرض متغیر نیز با افزایش عرض پوشش ضریب پسا زیاد شده است. به عنوان مثال در فاصله 10×10 با افزایش عرض از ۱۵ به ۶۰ سانتی‌متر در یک ارتفاع موج معین ضریب پسا ۲۶ درصد افزایش داشته است. که (زارعی و همکاران، ۱۳۹۵) بیان کردند، به ازای یک مقدار ثابت از نسبت ارتفاع موج به ارتفاع پوشش، مقدار ضریب پسا برای الگوهای متراکم‌تر کمتر از دیگر الگوها (با تراکم کمتر) شده است. به دلیل اینکه با افزایش ارتفاع موج، با توجه به اینکه موج در ناحیه برخورد با ساحل و شکست موج با تعداد بیشتری از پوشش درگیر است متقابلاً نیروی کششی هم افزایش پیدا کرده و باعث می‌شود که ضریب پسا افزایش یابد. از طرفی زمانی که دو یا چند جسم در فاصله نزدیکی نسبت به هم در مقابل جریان قرار می‌گیرند تأثیر متقابلی بر هم دیگر می‌گذارند. این تأثیر بر میزان نیروی کششی اثر می‌گذارد. بنابراین در پژوهش حاضر با افزایش تراکم پوشش به دلیل قرار گرفتن متراکم‌تر ردیف‌های پوشش

با توجه به شکل‌های ۳ و ۴ بطور کلی با افزایش ارتفاع نسبی موج ضریب پسا افزایش می‌یابد. بطوریکه در متراکم‌ترین حالت (۲۷۳ ساقه در واحد سطح) بطور متوسط با افزایش ارتفاع نسبی موج از $0/6$ به $0/9$ و از $0/9$ به $1/2$ مقدار ۱۸ درصد به ضریب پسا افزوده شده است. در اینجا با فرض جریان شبه ماندگار از نیروی اصطکاک صرف نظر شده و نیروی ثبت شده توسط لودسل صرفاً نیروی موج را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به رابطه ۳ ضریب پسا با سطح مقابل جریان رابطه عکس و با نیرو رابطه مستقیم داشته است که با مقایسه با داده‌های حاصل از این مطالعه نیز تطابق دارد. با توجه به شکل‌های ۳ و ۴ همانطور که نشان داده شده در یک عرض پوشش ثابت با فاصله متغیر با کاهش فاصله ضریب پسا افزایش یافته است بطور مثال در بیشترین عرض ۶۰ با کاهش فاصله از 20×20 به 5×5 در ارتفاع موج معین $21/5$ درصد به ضریب پسا افزوده شده است. همچنین با توجه به اینکه با کاهش فاصله تعداد ردیف پوشش نیز با وجود ثابت بودن عرض پوشش افزایش می‌یابد بنابراین بطور متوسط با افزایش ۱۵ درصدی



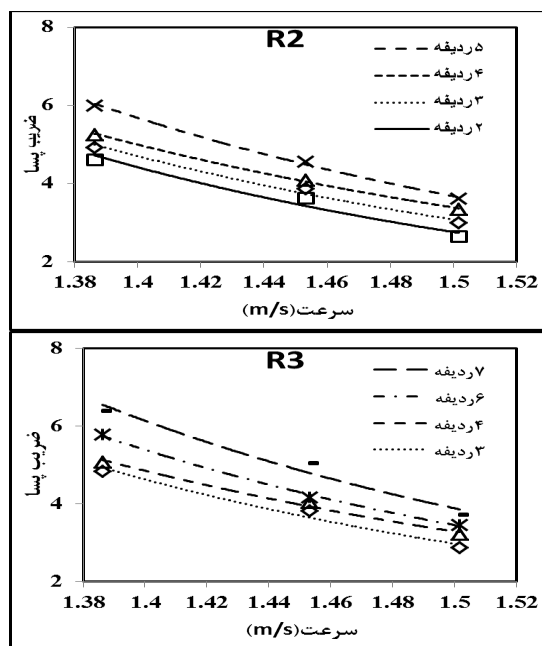
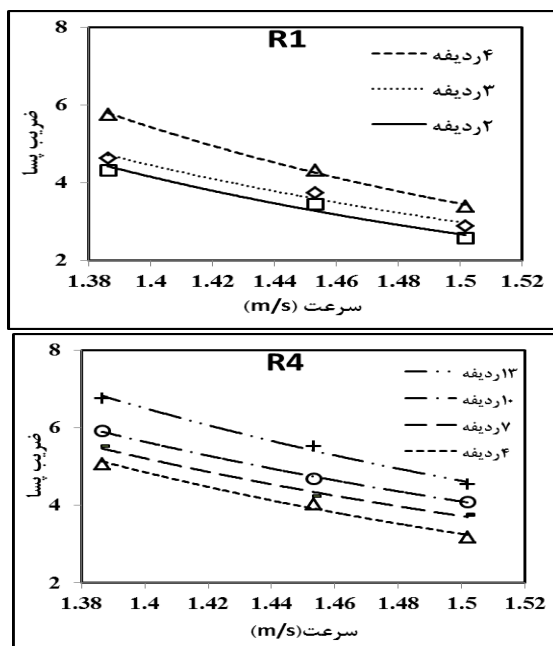
مثلی بطور متوسط ضریب پسا ۱۰ درصد افزایش بیشتری نسبت به حالت مستطیلی داشته است. به دلیل اینکه در این حالت سطح مقابل جریان افزایش یافته و مقاومت بیشتری در مقابل عبور موج از خود نشان می‌دهد و به مراتب نیروی بیشتری از امواج گرفته می‌شود و در نهایت باعث زیاد شدن ضریب پسا می‌شود.

تاثیر سرعت موج بر ضریب پسا

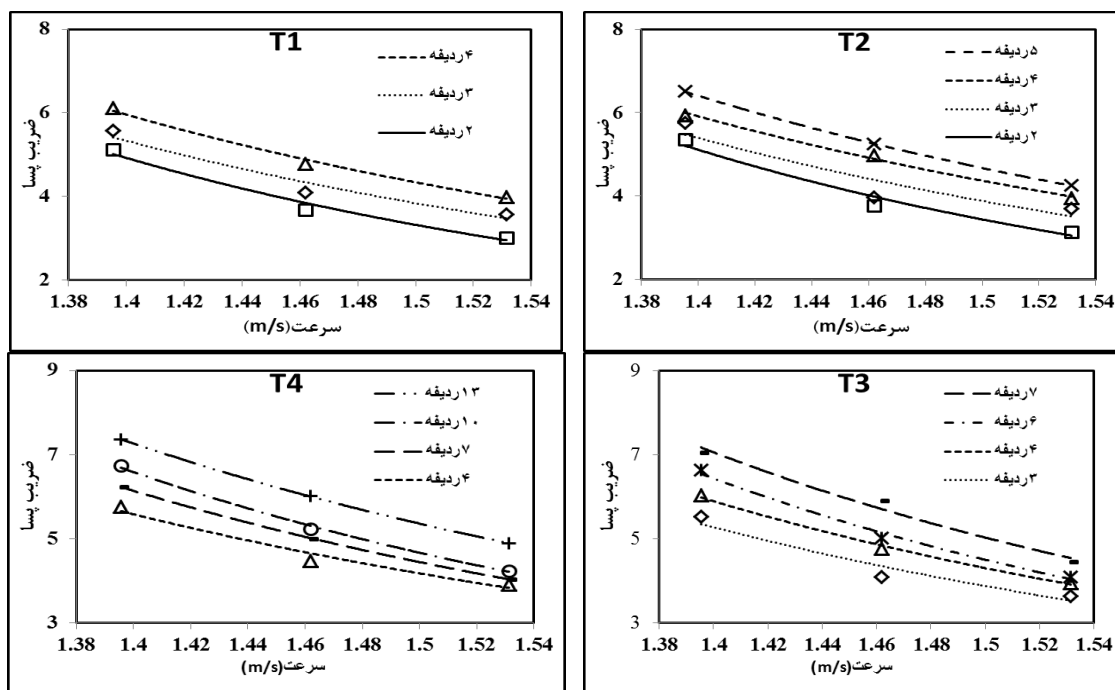
با استفاده از داده‌های گزارش شده از دستگاه ADV در هنگام برخورد موج به ساحل که سرعت را نشان می‌دهد، نمودار ضریب پسا در مقابل سرعت برای دو چیدمان مثلی و مستطیلی و همه تراکم‌ها رسم شده و در شکل‌های ۵ و ۶ آورده شده است.

پشت سر هم، درختان قرار گرفته در ردیف عقب‌تر در ناحیه سکون درختان ردیف جلویی قرار می‌گیرند و از میزان کشش این درختان در ردیف‌های عقب کاسته می‌شود. در نهایت باعث می‌شود که تراکم پوشش بطور مناسب تاثیر خود را نشان ندهد. همانگونه که Vogel (1984) بیان کرد که تغییرات پارامترهای نیروی کششی پوشش گیاهی عمدتاً به ناحیه جلویی پوشش بستگی دارد.

همانطور که در شکل‌های ۳ و ۴ آورده شده است نمودارها برای دو حالت مستطیلی و مثلی رسم شده‌اند. در حالت مثلی با افزایش ارتفاع موج ضریب پسا افزایش بیشتری نسبت به حالت مثلی داشته است. به عنوان مثال در فاصله ۵×۵ و تعداد ردیف پوشش ۱۳ در حالت



شکل (۵): ضریب پسا در مقابل سرعت برای چیدمان مستطیلی و ردیف‌های مختلف پوشش



شکل (۶): ضریب کشش در مقابل سرعت برای چیدمان مثلثی و ردیف‌های مختلف پوشش

تأثیر رینولدز ساقه بر ضریب پسا

تعیین یک مقدار کلی برای توصیف میزان کشش ناشی از پوشش گیاهی غیر ممکن است. چرا که ضریب C_d وابسته به ویژگی‌های هیدرودینامیکی جریان و خصوصیات گیاهان است (Anderson et al., 2011).

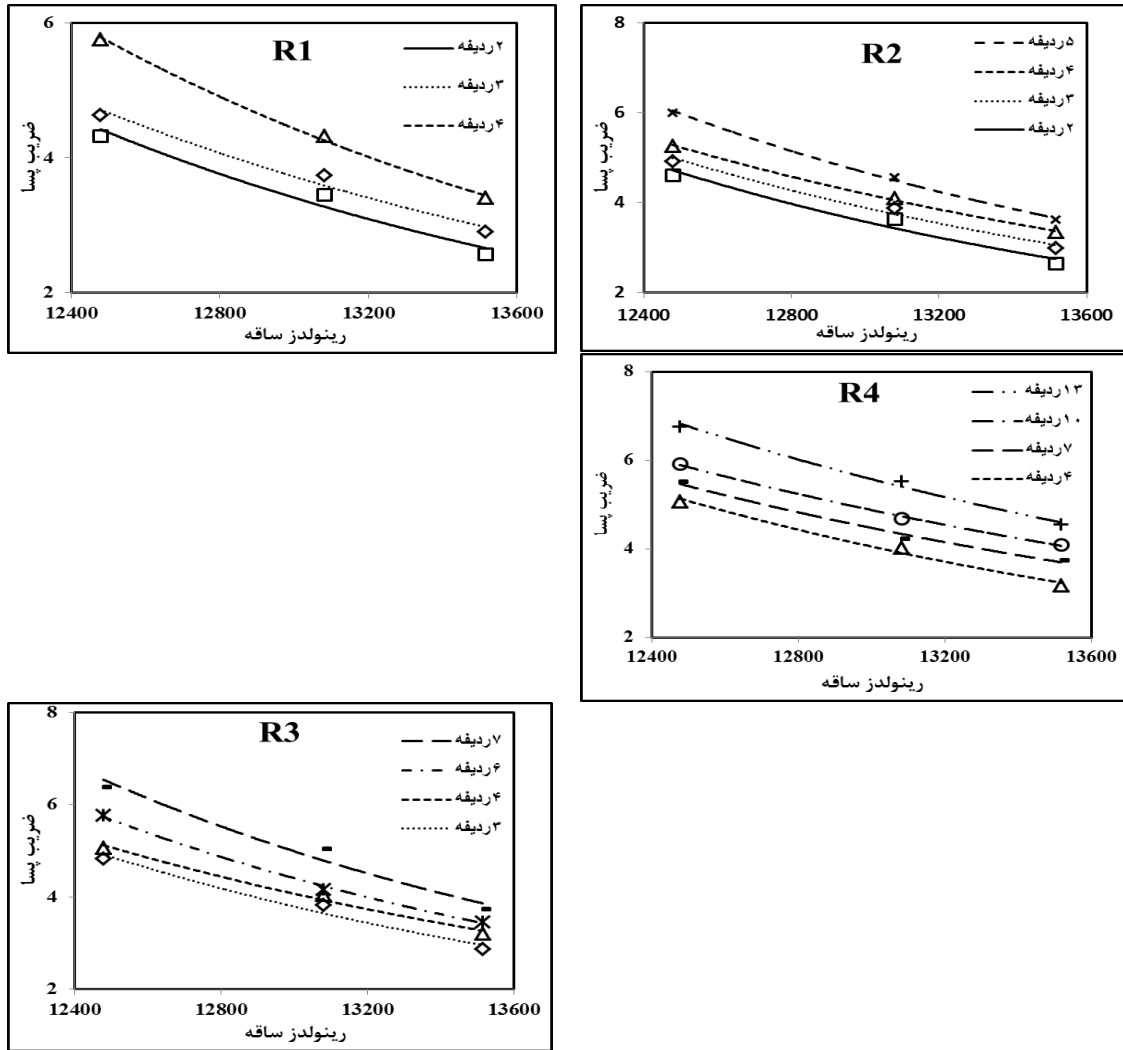
بنابراین با توجه به موارد گفته شده در بخش قبلی به جای عدد رینولدز جریان از پارامتر عدد رینولدز ساقه جهت بررسی نحوه تغییرات ضریب پسا استفاده شده است. بر اساس آنالیز ابعادی انجام شده در قبل می‌توان مقدار رینولدز ساقه را با توجه به رابطه (۷) استخراج نمود.

$$R_d = \frac{(dV_c)}{v} \quad (7)$$

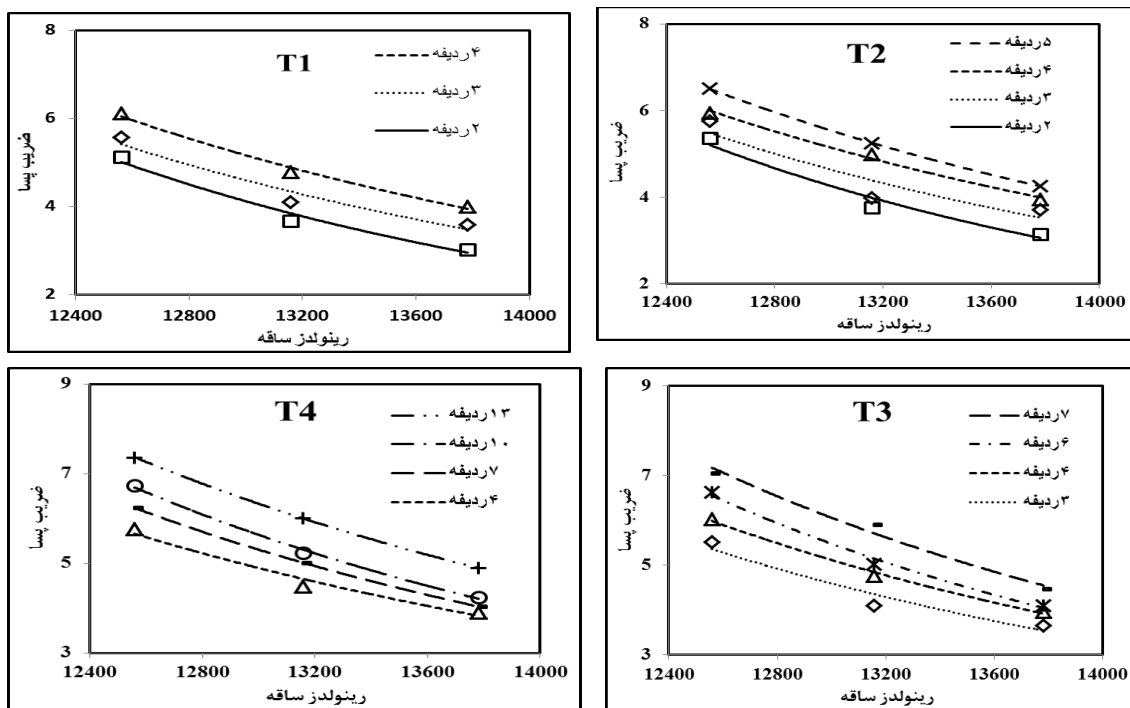
که در آن: d قطر ساقه، V_c سرعت موج و v لزجت سینماتیکی آب است.

نمودارهای ضریب پسا در مقابل رینولدز ساقه در شکل‌های ۷ و ۸ آورده شده است.

همان‌طور که در شکل‌ها نشان داده شده است با افزایش سرعت، ضریب پسا در همه حالات کاهش یافته است و نمودارها شیب نزولی دارند. همان‌طور که (Borisevich and Vikhrenko., 2018) به این نتیجه دست یافتند که با افزایش سرعت میزان ضریب پسا کاهش یافته است. بر اساس تئوری و تجربه و همچنین منطبق با نتایج حاصل شده در این پژوهش، ضریب پسا با تغییرات سرعت به صورت معکوس و غیرخطی تغییر کرده است بطوریکه در تراکم ۲۷۳ ساقه در واحد سطح با افزایش سرعت از ۱/۳۸ متر بر ثانیه به ۱/۵ متر بر ثانیه از مقدار ضریب پسا ۳۲ درصد کاسته شده است. همچنین تحت تأثیر نوع چینش درختان در حالت مثلثی، شیب نمودارها تند تر بوده و ضریب پسا کاهش شدیدتری یافته است.



شکل (۷): ضریب پسا در مقابل رینولدز ساقه برای چیدمان مستطیلی و ردیف‌های مختلف پوشش



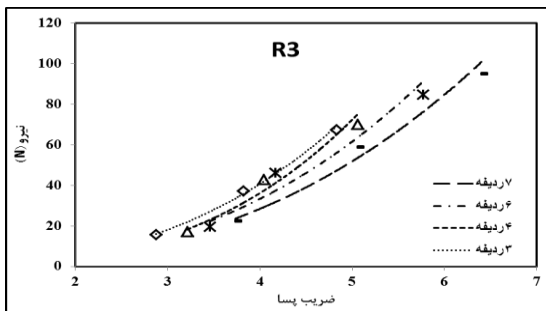
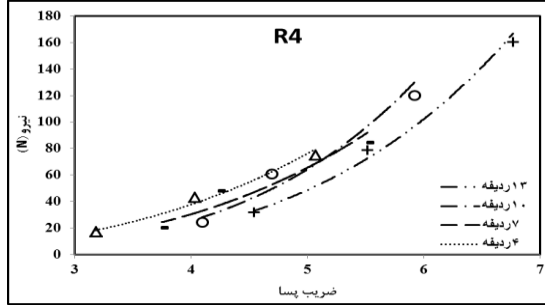
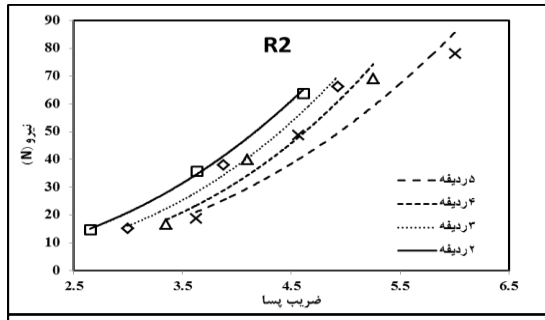
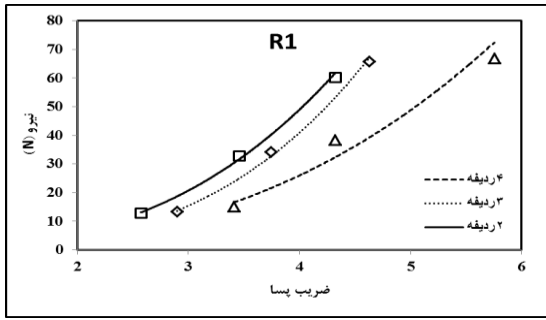
شکل (۸): ضریب پسا در مقابل رینولدز ساقه برای چیدمان مثلثی و ردیف های مختلف پوشش

به شکل های ۷ و ۸ در چیدمان مثلثی روند تغییرات رینولدز با ضریب پسا بیشتر بوده و نمودارها شیب تندتری دارند.

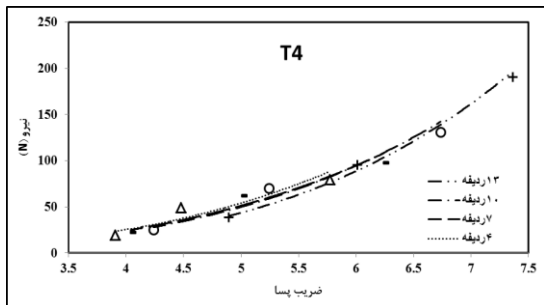
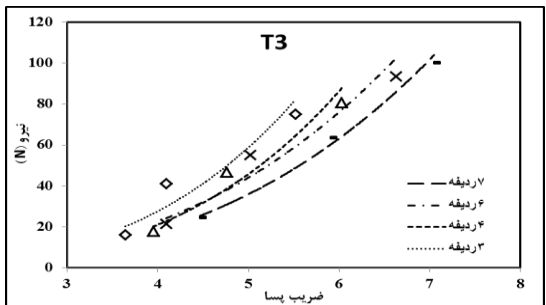
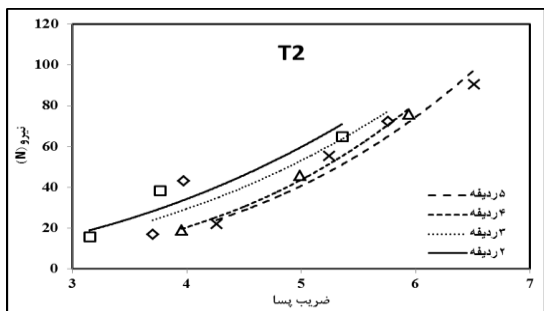
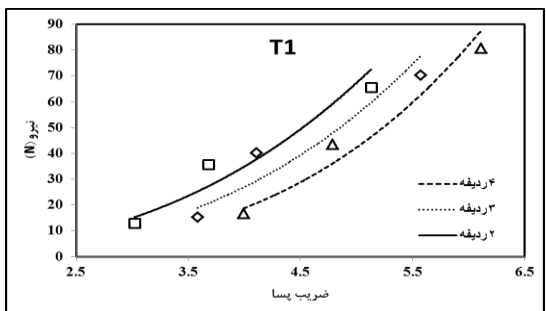
تأثیر نیرو بر ضریب درگ

نیروی درگ اعمال شده توسط پوشش صلب به طور مستقیم با استفاده از نیروسنج لودسل در تمام آزمایش-ها ثبت شد. به منظور تأثیر نیرو بر ضریب پسا نتایج در قالب نمودار مقدار نیرو در مقابل ضریب پسا در دو حالت مستطیلی و مثلثی در شکل های ۹ و ۱۰ رسم شده است.

شکل های ۷ و ۸ نشان می دهند که برای هر دو چیدمان مثلثی و مستطیلی با افزایش مقادیر رینولدز، ضریب پسا پوشش کاهش می یابد. همانطور که (قتیری عدیوی، ۱۳۹۳) اظهار داشت در رینولدزهای بالا به دلیل افزایش مقدار پارامترهای هیدرولیکی جریان از تأثیر پوشش درختی به عنوان زبری کاسته شده و در این شرایط زبری نسبی کم شده و در نتیجه مقاومت در برابر جریان کم می شود. در اینجا در متراکم ترین حالت با کاهش ۸ درصدی مقدار رینولدز، ضریب پسا ۳۳ درصد افزایش یافته است و در کمترین تراکم مقدار افزایش ضریب پسا به ۴۴ درصد رسیده است. با توجه



شکل (۹): ضریب پسا در مقابل نیرو برای چیدمان مستطیلی و ردیف‌های مختلف پوشش



شکل (۱۰): ضریب پسا در مقابل نیرو برای چیدمان مستطیلی و ردیف‌های مختلف پوشش



شد. نتایج آزمایشگاهی ارائه شده نشان دهنده سهم مؤثر ساقه‌های درختان در ضریب پسا کل درختان برای شرایط طوفانی و سیلاب است. از طریق اندازه‌گیری مستقیم نیروی کشش درختان و سرعت امواج مورد زیر بررسی شد.

با کاهش سرعت ضریب پسا افزایش می‌یابد. ضریب پسا با تغییرات سرعت رابطه معکوس و غیر خطی دارد. بعنوان مثال با افزایش ۱۰ درصدی سرعت از میزان ضریب پسا ۳۲ درصد در مترکم‌ترین حالت کاسته شده است.

با افزایش ارتفاع نسبی موج، ضریب پسا افزایش می‌یابد. همچنین تراکم‌های بالاتر پوشش به دلیل اینکه تعداد ردیف پوشش بیشتری در مقابل جریان قرار گرفته نیروی بیشتری از موج دریافت می‌کنند و باعث می‌شود که ضریب پسا بالاتری را نشان دهند. در یک عرض پوشش ثابت با فاصله متغیر با کاهش فاصله ضریب پسا افزایش یافته است بطور مثال در بیشترین عرض ۶۰ با کاهش فاصله از ۲۰×۲۰ به ۵×۵ در ارتفاع موج معین ۲۱/۵ درصد به ضریب پسا افزوده شده است در یک فاصله ثابت با عرض متغیر نیز با افزایش عرض ضریب پسا زیاد شده است. به عنوان مثال در فاصله ۱۰×۱۰ با افزایش عرض از ۱۵ به ۶۰ سانتی‌متر در یک ارتفاع موج معین ضریب پسا ۲۶ درصد افزایش داشته است.

تأثیر پوشش در جذب نیرو و افزایش ضریب پسا مشخص است. ضریب پسا با نیرو رابطه مستقیم داشته است. به خصوص برای تراکم‌های بیشتر و عرض‌های پوشش بالاتر تغییرات زیادتر بوده است. با افزایش تعداد ردیف و عرض پوشش و کاهش فواصل بین پوشش نیرو افزایش یافته و در نهایت ضریب پسا نیز افزایش می‌یابد. به عنوان مثال با افزایش فاصله از ۵ به ۲۰ سانتی‌متر ۲۲ درصد ضریب پسا کاهش می‌یابد. در مترکم‌ترین حالت با کاهش ۸ درصدی مقدار رینولدز، ضریب پسا ۳۳ درصد افزایش یافته است و در کمترین تراکم مقدار افزایش ضریب پسا به ۴۴ درصد رسیده است.

باتوجه به نمودارها تأثیر عرض، فواصل و چیدمان پوشش در کاهش نیروی امواج آشکار است. همواره نیرو با ضریب پسا رابطه مستقیم داشته است. بطور کلی با افزایش تعداد ردیف و عرض پوشش و کاهش فواصل بین پوشش نیرو افزایش یافته و در نهایت ضریب پسا نیز افزایش می‌یابد. بطوریکه در یک ارتفاع موج معین و فاصله ثابت به‌عنوان مثال ۵×۵، با افزایش تعداد ردیف پوشش از ۴ به ۱۳ به ازای رشد ۵۳ درصدی نیرو به مقدار ضریب پسا ۲۵ درصد افزوده شده است. همچنین در یک عرض پوشش ثابت با فاصله متغیر به‌عنوان مثال در عرض ۶۰ با کاهش فاصله از ۲۰×۲۰ به ۵×۵ با افزایش ۵۵ درصدی نیرو ضریب پسا نیز ۱۵ درصد زیاد شده است. به دلیل اینکه تعداد ردیف بیشتری در مقابل موج قرار می‌گیرد، مقاومت بیشتر شده و نیروی بیشتری از موج توسط پوشش جذب و مستهلک می‌شود. با توجه به اینکه در این آزمایش‌ها از دو نوع چیدمان مثلثی و مستطیلی استفاده شده ولی تأثیر چیدمان مثلثی در جذب نیروی امواج بیشتر بوده و در نتیجه ضریب تراکم هم افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که در بیش‌ترین تراکم ۲۷۳ ساقه در واحد سطح و موج ۱۲ ضریب پسا در حالت مثلثی ۱۰ درصد و در کم‌ترین تراکم ۱۲ و موج ۱۲ ضریب پسا در حالت مثلثی ۱۵/۶۲ درصد نسبت به حالت مستطیلی افزایش یافته است. در چیدمان مثلثی به دلیل نحوه قرارگیری پوشش به صورت یک در میان سطح برخورد مقابل موج بیشتر از حالت مستطیلی معادل می‌باشد به همین دلیل هنگام برخورد موج به پوشش مثلثی مقاومت ناشی از نیروی درگ در مقابل عبور موج بیشتر می‌باشد. با کاهش فاصله بین درختان، نمودارها حالت مترکم‌تری دارند. در واقع تغییرات نیرو با ضریب پسا در فواصل بیشتر پراکندگی بیشتری دارند که این بنوعی تأثیر تراکم بر مقدار نیرو را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه به بررسی تأثیر پوشش درختی بر میزان ضریب پسا درختان در طول امواج بلند پرداخته



منابع

زارعی م. فتحی مقدم م. و داودی ل. - ۱۳۹۵. بررسی اثر پوشش گیاهی ساحلی بر میرایی نیروی مخرب امواج منفرد ناشکنا در سواحل شیبدار. نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران. دوره ۶، شماره ۲۶، ص ۶۲ - ۷۷.
قنبری عدیوی ا. و فتحی مقدم م. - ۱۳۹۴. تاثیر پوشش گیاهی بر میزان ضریب کشش گروهی درختان و مقاومت پوشش در مقابل امواج ساحلی. مجله علمی کشاورزی علوم و مهندسی آبیاری. دوره ۳۸، شماره ۲، ص ۱۰۳ - ۱۱۲.
قنبری عدیوی ا. ۱۳۹۳، دینامیک شکست موج‌های بلند در سواحل شیبدار با پوشش درختی، رساله‌ی دکتری، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهیدچمران اهواز.

Anderson, M., McKee Smith, J., and Kyle McKay, S. 2011. Wave Dissipation by Vegetation. ERDC/CHL CHETN-I-82Borsje, B. W., B. K. van Wesenbeeck, F. Dekker, P. Paalvast, T. J. Bouma, M. M. van Katwijk, and M. B. 2011. How ecological engineering can serve in coastal protection, Ecol. Eng., 37, 113-122.

Borsje, B. W., B. K. van Wesenbeeck, F. Dekker, P. Paalvast, T. J. Bouma, M. M. van Katwijk, and M. B. 2011. How ecological engineering can serve in coastal protection, Ecol. Eng., 37, 113-122.

Borisevich, S. A. and Vikhrenko, V. S. 2018. Evaluation of the drag coefficients of tree crowns by numerical modeling of

their free fall. Agricultural and Forest Meteorology 256-257.

Cavallaro, L., C. L. Re, G. Paratore, A. Viviano, and E. Foti. 2010. Response of Posidonia oceanica to wave motion in shallow waters: Preliminary experimental results. Proceedings of the 32.

Fathi-Moghadam, M., Davoudi, L. and Motamedi-Nezhad, A., 2018. Modeling of solitary breaking wave force absorption by coastal trees. *Ocean Engineering*, 169, 87-98.

Foster, N. M., Hudson, M. D., Bray, S., Nicholls, R. J., 2013. Intertidal Mudflat and Saltmarsh Conservation and Sustainable Use in the UK: A Review. *J. Environ. Manage.* 126, 96-104.

Chen, H., Yan N. D., Li, Y., Liu, F., Ou, S., Min, S., Peng e, Y., Hu, Z., Uijtewaalf, V., Suzuki, T. 2018. Deriving vegetation drag coefficients in combined wave-current flows by calibration and direct measurement methods. *Advances in Water Resources* 122 217-227.

Jalil-Masir, H., fattahi, R., ghanbari-Adivi, E., Asadi-Aghbolaghi, M., 2021. Effects of different forest cover configurations on reducing the solitary wave-induced total sediment transport in coastal areas: An experimental study. *Journal Elsevier. Ocean Enginrrring.* 235(1): 109350.

Leonardi, N., Carnacina, I., Donatelli, C., Ganju, N. K., Plater, A. J., Schuerch, M., Temmerman, S. 2018. Dynamic interactions between coastal storms and salt marshes: A review. 301, 92-107.

Kishi, T. and Saeki, H. 1966. the shoaling, breaking and runup of the solitary wave on impermeable rough slopes, *Journal of Coastal Engineering*, R. 322-345.



Maza, M., Lara, J. L., and Losada, I. J. 2015. Tsunami wave interaction with mangrove forests: A 3-D numerical approach. *Coastal Eng.*, 98, 33-54.

Mendez, F. J., and I. J. Losada .2004. An empirical model to estimate the propagation of random breaking and nonbreaking waves over vegetation fields, *Coastal Eng.*, 51, 103–118.

Moller, I., Kudella, M., Rupprecht, F., Spencer, T., Paul, M., van Wesenbeeck, 923 B.K., Wolters, G., Jensen, K., Bouma, T.J., Miranda-Lange, M., Schimmels, S.2014. Wave Attenuation over Coastal Salt Marshes under Storm Surge Conditions. *Nat. Geosci.* 7, 727–731

Niklas, K. J. 1992. *Plant biomechanics: An engineering approach to plant form and function.* University of Chicago Press, Chicago, IL.

Nordstrom, K.F. 2014. Living with shore protection structures: A review. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 150, 11–23.

Russell, J. S. 1845. *Reports on Waves made to the meetings of the British Association in 1842-43,* London. England.

Rashedunnabi a, A.H.M, Tanaka, T.2020. Effectiveness of double-layer rigid vegetation in reducing the velocity and fluid force of a tsunami inundation behind the vegetation. *Ocean Engineering* 201 , 107142

Sorensen, R. M. 2006. *Basic Coastal Engineering*”, Springer Science & Business Media, New York.

Zhang, Sh., Liu, Y., Zhang., J.2017. Study of the Impact of Vegetation Direction and Slope on Drag Coefficient. *Iran J Sci Technol Trans Civ Eng.*

Thomas J. van Veelen, Tom P. Fairchild, Dominic E. Reeve, Harshinie Karunarathna.2020. Experimental study on vegetation flexibility as control parameter for wave damping and velocity structure. *Coastal Eng.*

Suzuki, T., Hu, Z., Kumada, K., Linh Khanh Phan, Zijlema, M.2019. Non-hydrostatic modeling of drag, inertia and porous effects in wave propagation over dense vegetation fields. *Coastal Eng.*

Vogel S., 1984. *Life in Moving Fluids; the Physical Biology of Flow.* Princeton University Press,

Princeton, NJ, 2nd ed.

Vogel, S. 1994. *Life in moving fluids: The physical biology of flow* 2nd ed. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Whittaker, P., Wilson, C., Aberle, J., Rauch, H.P., Xavier, P. 2013. A drag force model to incorporate the reconfiguration of full-scale riparian trees under hydrodynamic loading. *J. Hydraulic Res.* 51, 569–580.



Tree Cover Arrangement Effect on its Drag Coefficient exposed to Long Waves

Golnaz Mirzakhani¹, Elham Ghanbari Adivi^{2*}, Ruhollah Fattahi Nafchi³

Abstract

In this study, experimental research was conducted to determine the effect of arrangement and canopy density and other common non-dimensional hydraulic parameters on drag coefficient of rigid vegetations, during long waves. The beach and vegetation model was fitted at a knife edge flume. A dynamic loads were measured by Load Cell device (Type Single base with a capacity of 50 kg) and 3D velocities were measured by Acoustic Doppler Velocimeter equipment. The experiments were performed in two triangular and rectangular layouts, which include densities of 12 to 273 (stem/m²). The results showed that the vegetations Drag coefficient was indirectly related to the flow velocity. As the flow velocity of rigid vegetations decreases, the Drag coefficient increases. It was also found that rigid vegetations have a significant influence on energy absorption and energy dissipation. On average, with an increase of 15%, the area occupied by the coverage is increased by 12% to the values of the Drag coefficient. In the most dense case, 273 stems per unit area with increasing relative wave height, due to the fact that the wave is involved in colliding with the beach and breaking the wave with more coverage, the traction force is increased and 18% is added to the Drag coefficient. In the most dense case, with a decrease of 8% in the Reynolds value, the Drag coefficient increased by 33%, and in the lowest density, the increase in the Drag coefficient increased to 44%.

Keywords: Drag coefficient, Force, Vegetation density, Longh waves

¹ Student, Master of Water Structures, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran, E-mail: Golnaz.Mirzakhani@yahoo.com.

² Assistant Professor, Department of Water Structures, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran, E-mail: ghanbariadiivi@sku.ac.ir. (corresponding author).

³ Associate Professor, Department of Water Structures, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran, E-mail: fattahi@sku.ac.ir.

Extended Abstract

Research Paper

Tree Cover Arrangement Effect on its Drag Coefficient exposed to Long Waves

Golnaz Mirzakhani¹Elham Ghanbari Adivi², Ruhollah Fattahi Nafchi³

1. Student, Master of Water Structures, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran, E-mail: Golnaz.Mirzakhani@yahoo.com.

2. Assistant Professor, Department of Water Structures, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran, E-mail: ghanbariadiivi@sku.ac.ir. (Corresponding author).

3. Associate Professor, Department of Water Structures, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran, E-mail: fattahi@sku.ac.ir.



10.22125/IWE.2020.229890.1349

Received:

20. Apri.2020

Accepted:

01. September.2020

Available online:

10. January.2022

Keywords: **Drag coefficient, Force, Vegetation density, Length waves**

Abstract

In this study, experimental research was conducted to determine the effect of arrangement and canopy density and other common non-dimensional hydraulic parameters on drag coefficient of rigid vegetations, during long waves. The beach and vegetation model was fitted at a knife edge flume. A dynamic loads were measured by Load Cell device (Type Single base with a capacity of 50 kg) and 3D velocities were measured by Acoustic Doppler Velocimeter equipment. The experiments were performed in two triangular and rectangular layouts, which include densities of 12 to 273(stem/m²). The results showed that the vegetations Drag coefficient was indirectly related to the flow velocity. As the flow velocity of rigid vegetations decreases, the Drag coefficient increases. It was also found that rigid vegetations have a significant influence on energy absorption and energy dissipation. On average, with an increase of 15%, the area occupied by the coverage is increased by 12% to the values of the Drag coefficient. In the densest case, 273 stems per unit area with increasing relative wave height, due to the fact that the wave is involved in colliding with the beach and breaking the wave with more coverage, the traction force is increased and 18% is added to the Drag coefficient. In the densest case, with a decrease of 8% in the Reynolds value, the Drag coefficient increased by 33%, and in the lowest density, the increase in the Drag coefficient increased to 44%.

1. Introduction

Coastal areas form dynamic ecosystems at the land-sea interface (Martins et al., 2013). An important feature of these areas is their variability due to the exposure to many natural and human-made pressures. Among several non-structural and structural coast protection methods, the latter have detrimental effects on coastal environment (Fathi-Moghadam et al., 2018).

2. Materials and Methods

Experiments were performed in a laboratory flume of 8.6 m long, 0.6 m wide, and 0.6 m height composed of a metal floor and Plexiglas walls. Water from the main water pipe was pumped through a connecting pipe into the wave tank in the flume.

The waves studied in this research were created based on the solitary wave simulation. The application of solitary wave in simulation of tsunami wave's effects and their propagating to coastal areas has received considerable attention in the last decades. An important reason for this simulation is the transmission property of the solitary waves. Here, two sliding gates were installed in a 2-m distance of the flume to create a reservoir where water could be regulated at different levels and waves with known heights could be created by quick gate opening (Jalil-masir et al., 2021). To measure the force applied to the coast, a moving plate was equipped with a 50 kg-capacity dynamic load cell of class C3 measurement accuracy with 0.023% error installed in front of the knife edge flume to transfer the instantaneous wave force exerted to the moveable plate and tree cover model to the PM-LD01 electronic display.

To measure the velocity, the received information and signals were recorded by a 3D ADV (Vectrino+) Acoustic velocimeter and stored on Data Logger software on the attached computer system. The wave breaking point was estimated in preliminary experiments according to studied geometry, and the velocimeter was installed on the coastline to record the wave velocity at the breaking moment.

3. Results

An increase in rows and in cover widths, and a decrease in inter-cover distances increased both drag coefficient and the force. For instance, at a wave height of 9 cm and a fixed distance of 5×5 cm, increasing rows from 4 to 13 increased the drag coefficient by 36.65%. At the same wave height, a fixed cover width, and a variable distance, reducing the distance from 20×20 cm to 5×5 cm for example, increased the drag coefficient by 27.54 %, because more wave force was absorbed and dissipated by the cover due to more number of rows against the wave and more applied resistance

4. Discussion and Conclusion

This research investigated the effective contributions of tree cover to protection against the long waves in tsunami conditions. By direct measuring of trees drag forces and waves velocities, the tree cover efficiency in creating resistive forces and in wave force absorption/attenuation was investigated in the form of drag force.

To achieve a higher drag coefficient, the effects of cover density, distance, width, and arrangement and wave height on wave force absorption were also examined. More variations were seen especially for higher densities and larger cover widths. An increase in row numbers and in cover widths and a decrease in inter-tree spacing increased the force and, hence, the drag coefficient. The staggered arrangement was shown to be more efficient than the parallel layout.

Explaining the effects of coastal conditions on the wave-caused drag force, practically with independent measurable wave-coast variables, enables a better understanding and estimation of drag coefficient to evaluate numerical models.

5. Six important references

1. Sorensen, R. M. 2006. Basic Coastal Engineering”, Springer Science & Business Media, New York.
2. Jalil-Masir, H., fattahi, R., ghanbari-Adivi, E., Asadi-Aghbolaghi, M., 2021. Effects of different forest cover configurations on reducing the solitary wave-induced total sediment transport in coastal areas: An experimental study. Journal Elsevier. Ocean Enginrring. 235(1): 109350.
3. Fathi-Moghadam, M., Davoudi, L. and Motamedi-Nezhad, A., 2018. Modeling of solitary breaking wave force absorption by coastal trees. Ocean Engineering, 169, 87-98.
4. Maza, M., Lara, J. L., and Losada, I. J. 2015. Tsunami wave interaction with mangrove forests: A 3-D numerical approach. Coastal Eng., 98, 33-54.
5. Mendez, F. J., and I. J. Losada .2004. An empirical model to estimate the propagation of random breaking and nonbreaking waves over vegetation fields, Coastal Eng., 51, 103-118.
6. Sorensen, R. M. 2006. Basic Coastal Engineering”, Springer Science & Business Media, New York.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.