



تحلیل ریسک و قابلیت اعتماد روگذری سیل بند رودخانه ناشی از باد

بهناز خاکباز

دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی، دانشگاه صنعتی شریف

مسعود تجریشی

استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

احمد ابریشم چی

دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

افزایش ارتفاع آب بر اثر باد در پشت سد یا سیل بند واقعه ای است که در بعضی از موارد باعث روگذری می گردد. تا به حال رسم بر این بوده که برای جلوگیری از وقوع روگذری به طور دلخواه یک ارتفاع آزاد در نظر گرفته شود. در این مقاله سعی بر آن است تا روشی برای برآورد ریسک روگذری مربوط به باد ارائه گردد. در این روش، ارتفاع بالاروی و خیزاب بر روی شیب، هر دو در نظر گرفته شده اند. به طور کلی روش کار به اینصورت است که ابتدا یک ضابطه شکست برای رسیدن به تابع عملکرد مربوطه تنظیم می شود. آنگاه احتمال روگذری مربوط به باد با استفاده از آنالیز ریسک به روش (Advanced First AFOSM Order Second Moment) برآورد می شود. سپس ریسک روگذری با توجه به طبیعت تصادفی وقوع باد در یک دوره زمانی معین محاسبه می گردد. در این مقاله مثالی از کاربرد این روش برای یک سیستم سیل بند ارائه شده است. در این مثال تنها تصادفی بودن مشخصات باد در نظر گرفته شده و رقوم آب در رودخانه معین فرض شده است. نتیجه نشان می دهد که مقدار ریسک روگذری مربوط به باد به تنهایی (بخصوص هنگامیکه رقوم آب در رودخانه پایین باشد) به نسبت کم و در مقایسه با ریسک روگذری مربوط به سیل ناچیز است. روش برآورد ریسک روگذری مربوط به باد که در این مقاله ارائه می شود، همچنین پایه ای مناسب برای تعیین و در نظر گرفتن ارتفاع آزاد در طراحی سازه های هیدرولیکی فراهم می نماید.

واژه های کلیدی

ریسک، قابلیت اعتماد، طراحی سیل بند، تراز آب، باد

مقدمه

روگذری سد یا سیل بند ممکن است بر اثر یک یا ترکیبی از وقایع ژئوفیزیکی نظیر سیل، لغزش زمین، زلزله و بادهای شدید رخ دهد. آمار نشان داده است که روگذری یکی از عوامل مهم در خرابی سدها و سیل بندها می باشد [۱ و ۲]. بدیهی است در بین عوامل ذکر شده، سیلهای بزرگ بیشترین تأثیر را بر روگذری داشته باشند. تا به حال بررسیهای بسیاری براساس فراوانی وقوع در مورد روگذری سیل انجام شده است. با وجود این، روگذری حاصل از بادهای شدید نباید از نظر دور گردد. بدین منظور معمولاً به طور سنتی یک ارتفاع آزاد به طور دلخواه به ارتفاع سد یا سیل بند اضافه می شود.

هدف این مقاله ارائه یک روش عملی برای برآورد ریسک روگذری سیل بند مربوط به رفتار باد می باشد که در نهایت از

این طریق می توان به روش علمی تعیین میزان ارتفاع آزاد دست یافت. پدیده روگذری در اینجا به صورت $h > H_c - H_0$

تعریف می شود که H_c تراز تاج سیل بند ، H_0 رقوم آب در پشت سیل بند و h میزان افزایش ارتفاع آب در پشت سیل بند بر اثر وزش باد است . با این ضابطه، احتمال روگذری ناشی از باد به صورت زیر تعریف می شود:

$$P_f = P(h)H_c - H_0 \quad (1)$$

یا

$$P_f = P(z(0)) \quad (2)$$

به طوری که:

$$z = (H_c - H_0) - h \quad (3)$$

که z تابع عملکرد نامیده می شود و روگذری هنگامی رخ می دهد که $z < 0$ باشد. بادی که ممکن است باعث وقوع روگذری شود، معمولاً یک موردشیدو نادر است که وقوع آن نسبت به زمان تصادفی در نظر گرفته شده و معمولاً فرض می شود که از توزیع پواسون با نرخ وقوع متوسط (v_w) پیروی می کند [۳]. احتمال روگذری برای هر باد با یکی از روابط ۱ یا ۲ نشان داده می شود و احتمال روگذری یا ریسک در یک دوره T ساله، $P_w(T)$ ، احتمال وقوع توأم باد و ضابطه $H_c - H_0 > h$ می باشد. اگر فرض شود که مقدار h (ارتفاع موج حاصله) برای هر وقوع باد ثابت می ماند، آنگاه ریسک روگذری مربوط به باد در طی یک دوره زمانی T می تواند با استفاده از رابطه زیر برآورد شود [۴]:

$$P_w(T) = 1 - \exp(-v_w T P_f) \quad (4)$$

بنابراین اگر v_w به عنوان نرخ وقوع متوسط و P_f معلوم باشد، مقدار ریسک قابل تخمین خواهد بود. لازم به ذکر است که نرخ وقوع متوسط (v_w) را می توان از روی داده های هواشناسی باد پیدا کرد. روشهای متعددی برای محاسبه احتمال روگذری P_f وجود دارد که از این میان می توان به روش انتگرالگیری مستقیم، روش مونت کارلو، روش MFOSM (Mean-Value First Order Second Moment) و روش AFOSM اشاره نمود. Cheng و همکارانش در سال ۱۹۸۲ نشان دادند که در بین این روشها، روش AFOSM مناسبترین روش برای برآورد ایمنی سد یا خاکریز است [۴]. از اینرو در این تحقیق از روش اخیر استفاده شده است. در این مقاله فقط تأثیر باد که باعث ایجاد ارتفاع موج h می شود، در نظر گرفته شده و عدم قطعیت و متغیر بودن رقوم تاج سیل بند H_c و رقوم آب پشت سیل بند H_0 و سایر فاکتورها از قبیل سیل در نظر گرفته نشده است.

ارتفاع موج حاصل از باد

ارتفاع موج حاصل از باد معمولاً به دو قسمت تقسیم می شود: (۱) ارتفاع خیزاب h_r بر اثر باد (Set up) و (۲) ارتفاع خیزاب h_r بر اثر موج (Run up) روی شیب بالادست سیل بند. بالادست سیل بند ناشی از باد به دلیل اعمال نیروی باد به توده های آب که حجم بسته و متکی به توده های عظیم از آب است، ایجاد می شود. خیزاب بر اثر موج، در واقع پیشرفتگی موج روی شیب ناشی از برخورد موج به شیب بالا دست و پوشاندن سطح آن است. در حقیقت پس از شکست امواج، سطح آب و موج شکسته شده و متأثر از شیب ساحل، جنس ساحل و خصوصیات موج شکسته شده، روی سطح بالادست سیل بند به سمت بالا هدایت می شود و سبب افزایش تراز سطح آب بر روی شیب ساحل می گردد. این افزایش ارتفاع در نزدیکی سیل بند بخصوص بر روی شیب نسبتاً تند، محسوس تر گشته و در مواقعی سبب روگذری آب از روی سیل بند می شود.

تعیین میزان خیزاب بر اثر باد (h_t)

از آنجایی که شرایط رودخانه و سیل بندهای اطراف آن در اغلب موارد به گونه ای است که طول بادگیر (fetch) کوتاه در نظر گرفته می شود، در این مقاله از رابطه ای که Bretschneider و همکارانش در سال ۱۹۵۷ برای طول بادگیرهای کوتاه و برای سرعتهای زیاد باد به شرح زیر ارائه نموده اند، استفاده می شود [۶]:

$$h_t = 0.45V_w \sqrt{F_e} \quad (5)$$

$$T = 0.45(V_w \sqrt{F_e})^{0.5} \quad (6)$$

به طوری که h_t = ارتفاع خیزاب بر اثر باد (ft) ، T = دوره بازگشت باد (year) ، V_w = سرعت باد (mile/hr) و F_e = طول بادگیر (mile) می باشد. شرط کوتاه بودن طول بادگیر برای استفاده از روابط بالا را می توان با ضابطه زیر امتحان نمود:

$$F_e \leq F_{e\max}$$

به طوری که :

$$F_{e\max} = 0.51[t_{\min}^2 V_w]^{2/3} \quad (7)$$

که در آن، t_{\min} = حداقل دوره زمانی وزش باد (hr) است.

تأثیر عرض محدود بادگیر

در یک رودخانه یا کانال به علت تأثیر کناره ها، یک موج نمی تواند به مدت طولانی حرکت دو بعدی داشته باشد. اصولاً در رودخانه ها ، عرض بادگیر بسیار کوچکتر از طول آن می باشد و به طور کلی اینطور در نظر گرفته می شود که این عامل باعث می شود تا موجها (نسبت به وقتی که عرض بادگیر خیلی زیاد است) دارای ارتفاع کمتری گردند.

Saville در سال ۱۹۵۴ روشی برای تخمین تأثیر عرض بادگیر بر رشد و تولید موج ارائه کرد [۷]. روش وی بر این اساس است که ارتفاع موج نه تنها تابعی از مؤلفه های موج در جهت میانگین وزش باد بلکه تابعی از مؤلفه های موج در جهاتی است که با جهت میانگین وزش باد زاویه می سازد. آنالیز Saville از این فرض استفاده می کند که تأثیر باد برای زوایای صفر تا ۴۵ درجه با کسینوس زاویه بین میانگین جهت وزش باد و جهت مؤلفه موج تغییر می کند.

اصولاً مفهوم طول مؤثر بادگیر هنگامی به میان می آید که برای بحساب آوردن باریک بودن عرض بادگیر از طول آن می کاهند. به طور کلی روش یافتن طول مؤثر بادگیر به اینصورت است که از نقطه مورد نظر چندین شعاع رسم نموده و آنها را امتداد می دهیم تا خط ساحلی را قطع کند. این شعاعها می توانند با یکدیگر زاویه ای برابر ۳ درجه یا کمتر داشته باشند. آنگاه طول هر کدام از شعاعها را اندازه گیری نموده و در نهایت با استفاده از رابطه زیر طول مؤثر بادگیر را می یابیم [۸]:

$$F_e = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cos \alpha_i}{\sum_{i=1}^n \cos \alpha_i} \quad (8)$$

که در آن، F_i = طول شعاع i ام و α_i = زاویه بین شعاع i ام با جهت میانگین وزش باد است. لازم به ذکر است که به علت محدود بودن عرض بادگیر در رودخانه ها ، می بایست در فرمولها به جای طول بادگیر ، از طول مؤثر بادگیر استفاده نمود.

تعیین خیزاب بر اثر موج (h_r)

ارتفاع خیزاب بر اثر موج (h_r) تابعی از مشخصات موج است که به نسبت بین ارتفاع موج و طول موج، شیب، زبری و

نفوذپذیری سیل بند بستگی دارد. Saville و همکارانش در سال ۱۹۶۳ نموداری که میزان خیزاب بر اثر موج را به صورت تابعی از این پارامترها نشان می‌دهد، ارائه نمودند [۹]. رابطه جایگزین این نمودارها به صورت زیر بیان می‌شود:

$$h_r = ah_s \exp\left[-b\left(\frac{h_s}{L_w}\right)\right] \quad (9)$$

مقادیر a و b در جدول ۱ برای شیبه‌های مختلف سیل بند ارائه شده است. در رابطه فوق، h_s ارتفاع موج غالب می‌باشد. مقدار h_s از فرمول تجربی زیر پیدا می‌شود:

$$h_s = 0.034V_w^{1.06} F_e^{0.47} \quad (10)$$

نسبت h_s به طول موج L_w از فرمول تجربی زیر تخمین زده می‌شود:

$$\frac{h_s}{L_w} = 0.028V_w^{0.18} F_e^{-0.09} \quad (11)$$

در روابط فوق، F_e طول مؤثر بادگیر برحسب مایل می‌باشد.

جدول ۱: مقادیر a و b در رابطه ۹

جنس شیب زبر		جنس شیب نرم		شیب خاکریز (قائم به افقی)
b	a	b	a	
۷/۸۶	۱/۲۱	۳/۷۳	۲/۶۷	۱ به ۲
۸/۳۹	۱/۱۹	۵/۴۵	۲/۷۶	۱ به ۲/۲۵
۸/۸۸	۱/۱۶	۶/۸۸	۲/۸۰	۱ به ۲/۵
۹/۵۰	۱/۰۸	۸/۹۴	۲/۷۵	۱ به ۳
۱۱/۷۲	۰/۹۶	۱۰/۷۱	۲/۲۸	۱ به ۴

تعیین سرعت باد

توزیع احتمالاتی سرعت باد از آمار مربوط به بادهای تند در محل رودخانه یا نزدیکی آن محاسبه می‌شود. غالباً از سه تابع توزیع احتمال برای توصیف توزیع احتمال سرعت باد ماکزیمم سالانه استفاده می‌شود. این سه توزیع عبارت‌اند از: Extreme Value Type I [۱۰]، Extreme Value Type II [۱۱] و توزیع Rayleigh [۱۲]. تابع چگالی احتمال مربوط به این توزیع‌ها $f(x)$ ، تابع توزیع تجمعی $F(x)$ ، میانگین μ و واریانس σ^2 به صورت زیر ارائه گردیده است:

Extreme Value Type I (Gumbel):

$$f(x) = \alpha \exp[-\alpha(x-c) - \exp(-\alpha(x-c))]$$

$$F(x) = \exp[-\exp(-\alpha(x-c))]$$

$$\mu = (0.577216/\alpha) + c$$

$$\sigma^2 = \pi^2 / (6\alpha^2)$$

تحلیل ریسک و قابلیت اعتماد روگذری سیل بند رودخانه ناشی از باد

Extreme Value Type II (Frechet)	Rayleigh Distribution
$f(x) = c/\alpha (\alpha/x)^{c+1} \exp[-(\alpha/x)^c]$	$f(x) = (x-c)/\alpha^2 \exp[-1/2((x-c)/\alpha)^2]$
$F(x) = \exp[-(\alpha/x)^c]$	$F(x) = 1 - \exp[-1/2((x-c)/\alpha)^2]$
$\mu = \alpha\Gamma(1-1/c)$	$\mu = \sqrt{\pi/2}\alpha + c$
$\sigma^2 = \alpha^2[\Gamma(1-2/c) - \Gamma^2(1-1/c)]$	$\sigma^2 = (2 - \pi/2)\alpha^2$

سایر توزیعها نظیر لوگ نرمال و پیرسون تیپ III نیز پیشنهاد شده اند .

سرعت باد V_w که در تخمین ارتفاع خیزاب بر اثر باد و موج استفاده می شود ، باید در بالای سطح آب در محل رودخانه اندازه گیری شود و معمولاً مقدار آن از سرعت باد متناظر که در ایستگاههای خشکی مجاور آب اندازه گیری شده، بیشتر است. Saville و همکارانش در سال ۱۹۶۳ یک فاکتور تنظیم برای اعمال این تأثیر ارائه کردند که در جدول ۲ آمده است [۹]. هرگاه سرعت باد در ایستگاه خشکی مجاور آب اندازه گیری شده باشد، لازم است تا با استفاده از ضرایب فوق داده های باد تنظیم و بازسازی شوند. نرخ وقوع متوسط باد، v_w ، را نیز می توان با تقسیم تعداد دفعات وزش باد بر دوره زمانی جمع آوری اطلاعات به دست آورد.

جدول ۲: مقادیر ضرائب تنظیم برای ایستگاه اندازه گیری مجاور آب

۸	۶	۴	۲	۱	۰/۵	طول بادگیر (مایل)
۱/۳۱	۱/۳۱	۱/۲۸	۱/۲۱	۱/۱۳	۱/۰۸	$\frac{V_w(\text{آب})}{V_w(\text{خشکی})}$

احتمال روگذری سیل بند به دلیل وزش باد

در طی وقوع یک باد شدید، احتمال روگذری از یکی از روابط ۱ یا ۲ محاسبه می شود، به طوری که:

$$h = h_T + h_r$$

که در آن، h_r از رابطه ۵ و h_T از رابطه ۹ محاسبه می شود. در نهایت تابع عملکرد (Z) به صورت زیر قابل تعریف است:

$$= (H_c - H_0) - \left[0.045V_w\sqrt{F_e} + 0.034aV_w^{1.06}F_e^{0.47} \exp\left[-0.028bV_w^{0.18}/F_e^{0.09}\right] \right] \quad (12)$$

به طوری که $Z=0$ سطح شکست را در یک فضای چند بعدی نشان می دهد.

با استفاده از روش (Advanced First Order Second Moment)، احتمال روگذری P_f در رابطه ۲ می تواند به

صورت زیر محاسبه شود:

$$P_f = 1 - \Phi(\beta) \quad (13)$$

که در آن $\beta = \frac{E(Z)}{\sigma_Z}$ شاخص قابلیت اعتماد، σ_Z انحراف معیار توزیع Z ، $E(Z)$ امید ریاضی و $\Phi(\beta)$ توزیع

استاندارد نرمال تجمعی که در سطح β ارزیابی شده است، می باشد.

در این مطالعه روش ارزیابی ریسک روگذری ناشی از باد به صورت زیر خلاصه می شود:

- ۱- استفاده از داده های محلی باد و تعیین میانگین میزان وقوع باد شدید (v_w).
- ۲- تعیین تابع عملکرد Z برای واقعه روگذری.
- ۳- قراردادن مقادیر تمام متغیرها، X_i ، در تابع عملکرد و انجام تحلیل عدم قطعیت برای این متغیرها .

- ۴- به کار بردن روش AFOSM برای یافتن شاخص قابلیت اعتماد و استفاده از الگوریتم تکرار GRG. (برای آشنایی با این الگوریتم می توان به مرجع [۱۳] مراجعه نمود.)
- ۵- محاسبه احتمال روگذری برای یک بار وقوع باد شدید (P_f).
- ۶- محاسبه ریسک روگذری ناشی از باد در یک دوره سرویس با استفاده از رابطه ۴.

مطالعه موردی:

به منظور روشن شدن بیشتر نحوه کاربرد روش ارزیابی ریسک روگذری ناشی از باد که در قسمتهای قبل توضیح داده شد، ریسک روگذری حاصل از باد برای قسمتی از رودخانه سیستان که در دو سمت آن سیل بند احداث شده است، محاسبه می گردد. این قطعه از رودخانه حدوداً بین کیلومترهای ۲۷ تا ۳۰ قرار گرفته است. از آنجائی که ارزیابی ریسک و قابلیت اعتماد هیدرولیکی مدنظر نبوده است، برای این قسمت از رودخانه یک مقطع ثابت در نظر گرفته شده که در آن رقوم تاج سیل بندها ۱۵۹۴/۷ فوت (۴۸۶ متر) و شیب جانبی مقطع سیل بند ۱ به ۶/۵ در نظر گرفته شده است. برای انجام محاسبات مربوط به افزایش ارتفاع آب حاصل از باد، به طول بادگیر احتیاج است که در رودخانه ها همانطور که قبلاً نیز ذکر شد به علت اثر محدود کننده عرض آب، از طول مؤثر بادگیر (Effective Fetch) استفاده می شود. با استفاده از نقشه پلان مقطع رودخانه در محل مورد نظر و با استفاده از رابطه ۸، اندازه طول مؤثر بادگیر ۰/۶۵ مایل (۱۲۰۴ متر) به دست آمده است. اطلاعات مربوط به قرائتهای سرعت باد که در شهر زابل اندازه گیری شده است، مربوط به ۳۶ سال آماری (۱۹۹۸ - ۱۹۶۴ میلادی) می باشد که می بایست ضریب تصحیح مربوط به قرائت از روی سطح آب نسبت به خشکی به آن اعمال گردد که با استفاده از جدول ۲ مقدار این ضریب ۱/۰۹۵ به دست می آید. ضمناً لیست اطلاعات باد به صورت سری ماکزیمم سالانه برای این سالهای آماری در جدول ۳ ارائه شده است. لازم به ذکر است در این مطالعه از هر سه توزیع آماری پیشنهادی (Rayleigh, frechet, Gumbel) استفاده و در نهایت احتمال شکست ترکیبی محاسبه شده است. مقادیر محاسبه شده میانگین و واریانس مربوط به هر توزیع در جدول ۴ آمده است.

جدول ۳: سرعتهای باد ماکزیمم سالانه اندازه گیری شده در ایستگاه هواشناسی زابل

سال (میلادی)	سرعت باد (Km/hr)	سال (میلادی)	سرعت باد (Km/hr)	سال (میلادی)	سرعت باد (Km/hr)
۱۹۶۳	۸۳	۱۹۷۵	۵۶	۱۹۸۷	۷۸
۱۹۶۴	۸۷	۱۹۷۶	۸۳	۱۹۸۸	۸۱
۱۹۶۵	۵۲	۱۹۷۷	۵۶	۱۹۸۹	۷۸
۱۹۶۶	۵۹	۱۹۷۸	۸۹	۱۹۹۰	۷۰
۱۹۶۷	۴۶	۱۹۷۹	۱۴۸	۱۹۹۱	۷۸
۱۹۶۸	۵۲	۱۹۸۰	۶۵	۱۹۹۲	۸۵
۱۹۶۹	۵۲	۱۹۸۱	۵۶	۱۹۹۳	۷۰
۱۹۷۰	۶۸	۱۹۸۲	۵۴	۱۹۹۴	۷۴
۱۹۷۱	۶۸	۱۹۸۳	۹۶	۱۹۹۵	۶۳
۱۹۷۲	۵۶	۱۹۸۴	۱۴۲	۱۹۹۶	۷۰
۱۹۷۳	۵۶	۱۹۸۵	۸۹	۱۹۹۷	۸۱
۱۹۷۴	۸۳	۱۹۸۶	۷۸	۱۹۹۸	۸۵

تابع عملکرد

در این مطالعه پنج مقدار ۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵ و ۳ متر برای تفاضل رقوم تاج سیل بند و رقوم سطح آب ($H_c - H_0$) در نظر گرفته شده است. تابع عملکرد Z برای احتمال روگذری وقوع یک بار باد شدید که در رابطه ۱۲ آمده است، تابعی از عواملی چون سرعت باد (V_w)، طول مؤثر بادگیر (F_e)، رقوم سطح آب (H_0) و رقوم تاج سیل بند (H_c) می باشد. لازم به ذکر است هیچ گونه خطایی مربوط به مدل برای فرمولهای Bretschneider و Saville در نظر گرفته نشده است. بنابراین، سرعت باد (V_w) تنها متغیر تصادفی در رابطه ۱۲ می باشد. فرض شده است سرعت باد ماکزیمم در جهت طول مؤثر بادگیر رخ می دهد. هر چند در واقعیت جهت سرعت باد ماکزیمم همواره مطابق با جهت طول مؤثر بادگیر نیست، اما از آنجائی که این یک فرض محافظه کارانه است، از این روش در حل مثال استفاده شده است. مقادیر ثابت a و b با استفاده از جدول ۱ به صورت $a = 2/28$ و $b = 10/71$ به دست می آید. مقدار شاخص قابلیت اعتماد (β) با استفاده از روش AFOSM محاسبه شده است. برای به دست آوردن نقطه گسیختگی، ابتدا از نقطه میانگین شروع کرده و با استفاده از الگوریتم GRG به نقطه شکست رسیدیم. (منظور از نقطه گسیختگی، مقداری از است که در آن مقدار تابع عملکرد Z برابر صفر می گردد). متعاقباً احتمال روگذری در یک بار وقوع باد (P_f) از رابطه ۱۳ محاسبه شد. (جدول ۴)

جدول ۴: احتمال روگذری در یک بار وقوع باد شدید

پارامتر	Gumbel	Frechet	Rayleigh
میانگین	۵۱/۶۶	۵۲/۰۷	۵۱/۴۹
انحراف معیار	۱۵/۸۳	۱۷/۷۵	۱۴/۸۴
r_i	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۹
$H_c - H_0 = 1 \text{ m}$ برای p_f	$7/3 \times 10^{-1}$	$7/1 \times 10^{-1}$	$7/4 \times 10^{-1}$
$H_c - H_0 = 1/5 \text{ m}$ برای p_f	$2/2 \times 10^{-1}$	$2/5 \times 10^{-1}$	2×10^{-1}
$H_c - H_0 = 2 \text{ m}$ برای p_f	$1/55 \times 10^{-2}$	$2/87 \times 10^{-2}$	$1/04 \times 10^{-2}$
$H_c - H_0 = 2/5 \text{ m}$ برای p_f	$1/84 \times 10^{-4}$	$8/07 \times 10^{-4}$	$6/93 \times 10^{-5}$
$H_c - H_0 = 3 \text{ m}$ برای p_f	3×10^{-7}	$4/8 \times 10^{-6}$	$4/8 \times 10^{-8}$

با توجه به توزیعهای احتمالاتی بکار برده شده برای سرعت باد، احتمال روگذری به طور قابل ملاحظه ای متغیر است. کمترین مقدار P_f مربوط به توزیع Rayleigh و بیشترین P_f مربوط به توزیع Frechet می باشد. از آنجایی که هنوز توزیع احتمالاتی مناسب برای باد به طور دقیق شناخته نشده است، می توان فرض کرد که هر کدام از این توزیعها به نوبه خود صحیح بوده، بنابراین از یک احتمال روگذری ترکیبی استفاده شود. Tang یک روش وزنی برای محاسبه احتمال روگذری ترکیبی در یک بار وقوع باد با در نظر گرفتن N توزیع به صورت زیر ارائه نموده است [۱۴]:

$$P_f = \sum_{i=1}^N r_i P_{fi} \quad (14)$$

$$r_i = \frac{1/Var_i(V_w)}{\sum_{j=1}^N [1/Var_j(V_w)]} \quad (15)$$

مقادیر r_i مربوط به هر کدام از توزیعها در جدول ۴ آمده است. ریسک روگذری حاصل از باد در دوره های بازگشت

مختلف ، $P_w(T)$ ، می تواند با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شود.

با استفاده از داده های سرعت باد ماکزیمم سالانه که در جدول ۳ آمده است، مقدار نرخ وقوع متوسط باد $0/493$ به دست آمده است. حال با داشتن $v_w = 0/493$ ، نتایج به دست آمده در جدول ۵ و شکل ۱ برحسب دوره بازگشت های مختلف و مقادیر $P_w(T)$ ارائه شده است. همانطور که می توان انتظار داشت نتایج نشان می دهد که اولاً مقدار ریسک برای پنج مقدار مختلف $(H_c - H_0)$ بسیار متغیر است. به طوری که تغییرات ریسک به شدت به تغییرات $(H_c - H_0)$ بستگی دارد و به جرات می توان گفت هر چه میزان تراز سطح آب بالاتر باشد، به عبارتی مقدار $(H_c - H_0)$ کمتر باشد، نرخ رسیدن به پدیده روگذری در دوره بازگشت های کوتاه تر، بیشتر خواهد بود. بنابراین می توان نتیجه گرفت که ریسک روگذری حاصل از باد تنها هنگامی اهمیت زیادی می یابد که همراه با سیل در رودخانه در نظر گرفته شود. ثانیاً هر گاه تراز سطح آب بالاتر باشد، در نظر گرفتن نوع توزیع احتمالاتی برای باد از حساسیت بیشتری برخوردار می شود؛ چون همانگونه که مشاهده می شود در $(H_c - H_0)$ های کمتر تفاوت بیشتری در میزان احتمالات به دست آمده از هر کدام از توزیعها وجود دارد.

جدول ۵: مقادیر $P_w(T)$ به ازای $H_c - H_0$ های مختلف

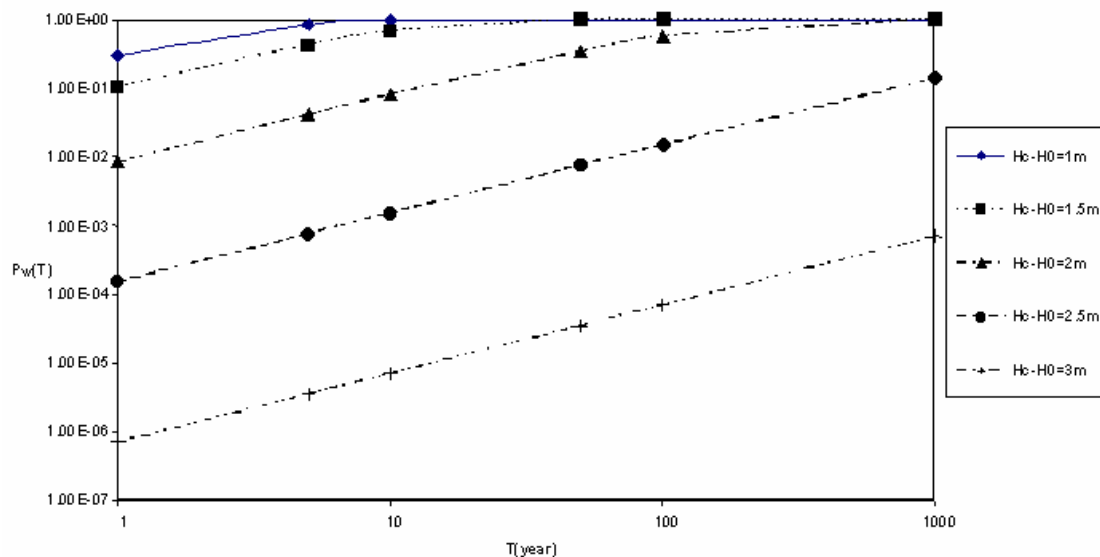
$P_w(T)$					دوره
۳ m	۲/۵ m	۲m	m	۱m	بازگشت T (year)
$H_c - H_0 =$	$H_c - H_0 =$	$H_c - H_0 =$	$H_c - H_0 = ۱/۵$	$H_c - H_0 =$	
$۱/۴۲ \times ۱۰^{-۶}$	$۳/۰۸ \times ۱۰^{-۴}$	$۱/۶۹ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۰۵ \times ۱۰^{-۱}$	$۳/۰۳ \times ۱۰^{-۱}$	۱
$۷/۰۹ \times ۱۰^{-۶}$	$۱/۵۴ \times ۱۰^{-۳}$	$۸/۱۸ \times ۱۰^{-۳}$	$۴/۲۶ \times ۱۰^{-۱}$	$۸/۳۵ \times ۱۰^{-۱}$	۵
$۱/۴۲ \times ۱۰^{-۵}$	$۳/۰۷ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۵۷ \times ۱۰^{-۱}$	$۶/۷۱ \times ۱۰^{-۱}$	$۹/۷۳ \times ۱۰^{-۱}$	۱۰
$۷/۰۹ \times ۱۰^{-۵}$	$۱/۵۳ \times ۱۰^{-۲}$	$۵/۷۴ \times ۱۰^{-۱}$	$۹/۹۶ \times ۱۰^{-۱}$	۱	۵۰
$۱/۴۲ \times ۱۰^{-۴}$	$۳/۰۳ \times ۱۰^{-۲}$	$۸/۱۹ \times ۱۰^{-۲}$	$۹/۹۹ \times ۱۰^{-۱}$	۱	۱۰۰
$۱/۴۲ \times ۱۰^{-۳}$	$۲/۶۵ \times ۱۰^{-۱}$	۱	۱	۱	۱۰۰۰

جمع بندی

آنچه تاکنون شرح داده شد، روشی برای ارزیابی کمی ریسک روگذری حاصل از باد می باشد. این روش شامل تحلیل آماری داده های باد، ارائه ضابطه عملکرد روگذری، روشی برای محاسبه احتمال روگذری مربوط به وقوع باد شدید P_f و رابطه ای برای محاسبه ریسک روگذری ناشی از باد در یک دوره زمانی T می باشد. تکنیکهای احتمالاتی مناسب نظیر AFOSM می تواند برای محاسبه P_f مورد استفاده قرار گیرد. لازم به ذکر است روش ارائه شده در این مقاله می تواند برای سایر سازه های هیدرولیکی نظیر سدها و موج شکنها نیز مورد استفاده واقع شود.

همانطور که نشان داده شد، ریسک روگذری به مشخصات آماری باد مربوط می شود و از آنجائی که هنوز بهترین توزیع احتمالاتی برای داده های باد شناخته نشده، در این مطالعه از سه توزیع پیشنهادی Gumbel ، frechet و Rayleigh استفاده شد و در نهایت با استفاده از روش وزنی، احتمال ترکیبی روگذری محاسبه گردید.

شایان ذکر است که هدف کلی این مقاله ارائه روشی برای محاسبه ریسک روگذری سیل بند حاصل از باد می باشد که با توجه به نتایج بدست آمده (حساسیت زیاد مدل به اختلاف رقوم تاج سیل بند و رقوم سطح آب پشت سیل بند)، برای ارزیابی ایمنی کلی سیل بند باید اثر عدم قطعیت های موجود در هیدرولوژی و هیدرولیک نیز در نظر گرفته شود. همچنین خاطر نشان می گردد که با اضافه نمودن تحلیل اقتصادی به این گونه تحلیلها و با در نظر گرفتن خسارات وارده ناشی از روگذری، مقدار بهینه ارتفاع آزاد را برای سیل بندها می توان محاسبه نمود.



شکل ۱: منحنی $P_w(T)$ به ازای $H_c - H_0$ های مختلف

مراجع

- Cheng, S. T., Yen, B.C., and Tang, W.H., "Wind Induced Overtopping Risk of Dams," Proceeding of Stochastic and Risk Analysis in Hydraulic Engineering, Water Resources Publications: 66-78, 1986.
- Babb, A.O., and Mermel, T.W., "Catalog of Dam Disasters, Failures, and Accidents," U.S. Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, (NTIS PB 179243), 1968.
- Tang, W.H., "Probability Evaluation of Loads," Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 107 (GT3): 287-304, Mar. 1981.
- Cheng, S.T., Yen, B.C., and Tang, W.H., "Overtopping Risk for an Existing Dam," Civil Eng. Studies Hyd. Eng. Ser. 37, Dept of Civil Engineering, Univ. of Illinois at Urbana – Champaign, Urbana, Illinois, 1982.
- DeVries, J.J., Amorocho, J., "Wave Suppressors for the California Aqueduct," A Report to department of Water Resources State of California, Univ. of California, Davis, Mar. 1974.
- Bretschneider, C.L., "Hurricane Design Wave Practice," J. Waterways and Harbors Div., ASCE, Vol. 83, WW2: 1-33, 1957.
- Saville, Thorndike, Jr., "The Effect of Fetch Width on Wave Generation," U.S. Army Corps of Engineers, Beach Erosion Board, Tech. Memo. No. 70, 1954.
- U.S. Army Corps of Engineers, Washington DC 20314, "Shore Protection Manual," Vol. 1, 1984.
- Saville, T., Jr., McClendon, E.W., and Cochran, A.L., "Freeboard Allowances for Waves in Inland Reservoirs," Transactions, ASCE, 128 (IV): 195-226, 1963.
- Simiu, E., Changery, M.J., and Filliben, J.J., "Extreme Wind Speeds at 129 stations in the Contiguous United States," NBS Building Science Series 118, U.S. National Bureau of Standards, Mar. 1979.
- Thom, H.C.S., "New Distributions of Extreme Winds in the United States," Journal of the Structural Division, ASCE, 94 (ST 7): 1787-1801, July 1968.
- Simiu, E., and Filliben, J.J., "Weibull Distributions and Extreme Wind Speeds," Journal of Structural Division, ASCE, 106 (ST 12): 2365-2374, Dec. 1980.
- Yen, B.C., Cheng, S.T., and Melching, C.S., "First Order Reliability Analysis," Proceeding of Stochastic and Risk Analysis in Hyd. Eng., Water Res. Publications: 1-36, 1986. Tang, W.H., "Bayesian Frequency Analysis," J. of the Hydraulics Division, ASCE, 106 (HY 7): 1203-1218, July 1980.