

بررسی پدیده آبستگي در مجاورت سازه‌های حفاظتی سواحل دریای خزر

میر احمد لشته نشایی^{1*}، عطاء الله غبرایی²، محمد پیروی چشناسر³

*1- استادیار مهندسی سواحل، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

2- کارشناس ارشد مهندسی آبهای سطحی، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

3- کارشناس ارشد مهندسی ژئو تکنیک، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

*رشت، صندوق پستی 3756

Maln@Guilan.ac.ir

چکیده- پدیده آبستگي امروز یکی از موضوعهای مهم در علم مهندسی سواحل و رودخانه به شمار می‌رود. احداث سازه‌های حفاظتی بندری در مسیر امواج و جریانهای ساحلی با پدیده آبستگي در پای این سازه‌ها همراه است و تخمین میزان آبستگي در مجاورت این سازه‌ها یکی از عوامل مهم در طراحی پی آنها محسوب می‌شود.

در مقاله حاضر ابتدا عمق آبستگي در پای سازه‌های ساحلی توسط مدلی ریاضی که ادامه تحقیقات قبلی مؤلفان است تخمین زده شده و سپس نتایج با داده‌های محلی در شرایط واقعی در سواحل دریای خزر مقایسه شده است. هدف اصلی این مطالعات تخمین میزان آبستگي در پای سازه‌های ساحلی دریای خزر و بررسی انطباق آن بر تئوریهای موجود در این زمینه است که نهایتاً در طراحی این‌گونه سازه‌ها به‌کار خواهد رفت.

در مدل ریاضی ارائه شده در این مقاله، تأثیر پدیده انعکاس امواج در روابط آبستگي در نظر گرفته شده و معادلات حاکم طوری تصحیح شده اند که اثر ناشی از انعکاس امواج در مجاورت سازه‌های ساحلی نیز در نظر گرفته شود. نتایج مطالعات حاضر نشان می‌دهند که ترکیب امواج برخورد کننده و منعکس شده از سازه ساحلی که باعث تشکیل امواج ایستا می‌شود و جریانهای ناشی از آن که دقیقاً تابعی از ضریب انعکاس سازه است، می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر میزان آبستگي در مجاورت چنین سازه‌هایی داشته باشد. همچنین با مقایسه میزان آبستگي در سواحل طبیعی و محافظت شده، درجه تأثیر احداث سازه ساحلی بر مقدار آبستگي مشخص شده است.

کلید واژگان: آبستگي، جریانهای ساحلی، فرسایش، سازه‌های حفاظتی، دیوار ساحلی.

1- مقدمه

پروفیل بستر سواحل پیوسته در حال تغییر است. تغییرات بستر سواحل و آبستگي در مجاورت سازه‌های حفاظتی به وقوع می‌پیوندد که این باعث تغییراتی در ساز و کار

سواحل به طور دائم توسط امواج مورد هجوم قرار گرفته و به‌ویژه در نزدیکی سازه‌های حفاظتی ناحیه ساحلی،

که در این رابطه:

s چگالی ذرات بستر، f_w ضریب اصطکاک موج، f فرکانس موج، A دامنه سرعت اریتالی موج، g شتاب ثقل و D_{50} قطر متوسط دانه های بستر است.

$$A = H / (2 \sinh(kh)) \quad (3)$$

که در آن h عمق آب، H ارتفاع موج، $K = \frac{2\pi}{L}$ عدد موج و L طول موج است و f_w ، ضریب اصطکاک موج از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$f_w = \exp \left[5.213 \left(\frac{2.5 D_{50}}{A} \right)^{0.194} - 5.977 \right] \quad (4)$$

2-2- رابطه Wilson (1987)

$$\frac{L_b}{D_{50}} = \frac{2\theta}{0.65 \tan \phi} \quad (5)$$

که در آن ϕ زاویه اصطکاک داخلی مصالح بستر دریا است.

3- تاثیر پدیده انعکاس جریان در روابط آبشستگی

وقتی موج به مانعی برخورد می‌کند، قسمتی از انرژی آن انعکاس یافته و سبب دور شدن موج از مانع می‌شود، مشروط به آنکه موج نشکند. شدت انعکاس، به شیب، زبری و اصطکاک سطح مانع بستگی دارد و اگر دیوار قائم، ضخیم و بدون اصطکاک باشد، انعکاس شدیدتر است. اگر جبهه موج با خط مانع موازی باشد، موج ایستاده‌ای در مقابل دیوار تشکیل می‌شود که نقطه گره آن در فاصله‌ای تا حدود دو برابر ارتفاع موج از دیوار قرار می‌گیرد. در عمل ضریب انعکاس تابعی از جنس و شیب بدنه موج شکن یا دیوار ساحلی است و توصیه می‌شود که برای موج‌شکنها و دیوارهای قائم در هیچ حالتی، ضریب انعکاس کمتر از 0/9 در نظر گرفته نشود (Dean, 1991). ضریب انعکاس را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

انتقال رسوب و جریانهای ساحلی می‌شود. این تغییرات منجر به ایجاد آبشستگی پای سازه‌ها می‌شود که می‌تواند پایداری سازه را تهدید کند. فرسایش در مجاورت سازه‌های ساحلی، ناشی از تمرکز جریان به‌ویژه در پای این سازه‌ها است. در این ناحیه با توجه به پدیده انعکاس جریان و افزایش ارتفاع موج و وقوع جریان گردابی، افزایش تنشهای برشی باعث تشکیل چاله فرسایشی شده و استحکام سازه را به مخاطره می‌اندازد. برای جلوگیری از این پدیده باید بتوان عمق و سایر ابعاد چاله فرسایش را تخمین زد. در این زمینه روابط و روشهای مختلفی پیشنهاد شده که به عنوان مثال می‌توان به رابطه Bagnold (1954)، رابطه Wilson (1987)، و روش شبکه‌های عصبی مصنوعی اشاره کرد. در این مقاله، به مطالعه تئوری پدیده آبشستگی ناشی از امواج ساحلی در پای سازه‌های ساحلی دریای خزر در منطقه ویژه اقتصادی بندر انزلی به طول تقریبی 4/5 کیلومتر در مجاورت بندر انزلی پرداخته شده و عمق آبشستگی پای سازه‌های ساحلی در منطقه مذکور در حالت‌های مختلف تخمین زده شده است.

2- مبانی تئوری

بر اثر حرکت برگشتی ناشی از امواج برگشتی در ناحیه ساحلی، عمق آبشستگی در جریان لایه‌ای به روش‌های زیر محاسبه می‌شود:

1-2- رابطه Bagnold (1954)

$$L_b = K_b (\theta - \theta_c) \times D_{50} \quad (1)$$

که در آن K_b ضریبی ثابت برابر 2/5 تا 10، θ_c پارامتر بحرانی شیلدز برابر 0/05 تا 0/06، L_b عمق آبشستگی و D_{50} قطر متوسط دانه های بستر است.

همچنین:

$$\theta = \frac{0.5 f_w (2\pi \times f \times A)^2}{(s-1)g \times D_{50}} \quad (2)$$

$$\theta^* = \frac{0.5 f_w}{(s-1)g D_{50}} (2\pi f A^*) \quad (11)$$

$$A^* = \frac{H^*}{2 \sinh(kh)} \quad (12)$$

$$f_{w^*} = \exp \left[5.213 \left(\frac{2.5 D_{50}}{A^*} \right)^{0.194} - 5.977 \right] \quad (13)$$

که در آن H_r ارتفاع موج برگشتی، H_i ارتفاع موج ورودی، H^* ارتفاع موج ایستاده، L_b عمق آبشستگی پای دیوار ساحلی، A^* حداکثر دامنه نوسان پای دیوار، f_{w^*} ضریب اصطکاک موج و θ^* پارامتر شیلدز است. بنابراین مشاهده می‌شود که وجود سازه‌های حفاظتی باعث افزایش ارتفاع موج ایستاده شده و در نتیجه عمق آبشستگی، بسته به مقدار ارتفاع و پرید موج مرکب تغییر خواهد کرد.

4- مطالعه رفتار ساحل در منطقه مورد مطالعه

طول تقریبی محدوده مورد مطالعه در محل منطقه ویژه اقتصادی بندر انزلی برابر 4/5 کیلومتر بوده و شیب طولی متوسط بستر در طول ناحیه ساحلی در منطقه بر اساس مطالعات هیدروگرافی انجام شده در شهریور 1379 برابر 3% است (غبرایی و همکاران، 1381). ارتفاع مشخصه و پرید موج طرح با استفاده از آمار بادهای منطقه و روابط تجربی در آب عمیق محاسبه شده و سپس با اعمال شرایط موج در آبهای کم عمق، این مقادیر در نقاط مختلف ناحیه ساحلی تخمین زده شده است. نتایج این محاسبات برای جهت‌های مختلف وزش باد در جدول 1 درج شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود ارتفاع امواج در آب عمیق برای جهات مختلف از 3 تا 7/9 متر متغیر بوده و این مقادیر در آب کم عمق و پس از شکست به مقدار تقریبی 3 متر تنزل پیدا می‌کند.

برای دستیابی به عمق آبشستگی ناشی از حرکت امواج برگشتی شکسته شده در ناحیه ساحلی در پای دیوار ساحلی بر طبق مطالعات میدانی انجام شده، زاویه اصطکاک داخلی خاک برابر 31 درجه (آزمایش برش مستقیم) در نظر گرفته

$$k_r = \frac{a I_r^2}{b + I_r^2} \quad (6)$$

که در این رابطه I_r عدد ایری بارن است که از رابطه زیر بدست می‌آید (Bagnold, 1954):

$$I_r = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H}{L}}} \quad (7)$$

که در این رابطه H ارتفاع موج و α شیب بستر است.

برای جداره‌های بتنی: $b=6.6, a=0.6$
و برای جداره‌های سنگی:

$$9.62 < b < 10, 0.48 < a < 0.56$$

نزدیک شدن امواج از عمق زیاد به عمق کم نزدیک به ساحل، با جمع شدگی موج به شکل کم شدن طول موج و زیاد شدن ارتفاع موج همراه است (لشته نشایی، 1380). در جای دیگر، این پدیده را می‌توان به‌طور مشابه برای ساحلی که با دیوارهای ساحلی حفاظت شده است، تعریف کرد. به بیان دیگر با ایجاد دیوار ساحلی، ساحل طبیعی به ساحل مصنوعی تبدیل می‌شود؛ با این تفاوت که در ساحل مصنوعی، فرایندهای فوق جریان دارد، اما پدیده دیگری به نام انعکاس نیز روی خواهد داد و اثر متقابلی بر موج نزدیک ساحل خواهد داشت، به‌طوری که ارتفاع موج نزدیک ساحل مصنوعی زیاد خواهد شد. از طرفی با توجه به فرضیات Dean (1991) پارامتر مهمی که در پدیده آبشستگی نقش به‌سزایی دارد، ارتفاع موج است (Dean 1991). بنابراین با توجه به پدیده انعکاس جریان که موجب افزایش ارتفاع موج می‌شود، آبشستگی نسبت به حالت طبیعی افزایش خواهد یافت. به بیان دیگر روابط آبشستگی Bagnold (1954) در حالت وجود پدیده انعکاس به صورت زیر اصلاح می‌شود:

$$r = \frac{H_r}{H_i} \quad (8)$$

$$H^* = (1+r)H_i \quad (9)$$

$$L_b = k_b (\theta - \theta_c) \times D_{50} \quad (10)$$

ورودی، میزان آبشستگی در مجاورت سازه حفاظتی افزایش خواهد یافت (لشته نشایی و همکاران، 1381).

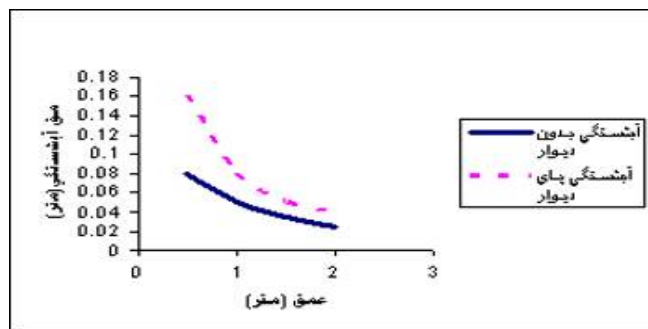
5- نتیجه گیری

1- با توجه به مطالعات انجام شده مشاهده شده که یکی از مهم‌ترین پارامترهایی که بر افزایش میزان آبشستگی تأثیر دارد، ارتفاع موج است که در حالت وجود سازه‌های انعکاسی ساحل، این مقدار افزایش خواهد یافت.

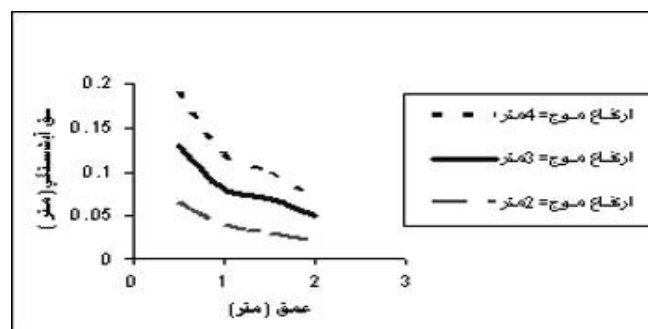
شده است. نتایج به دست آمده برای مقایسه عمق آبشستگی در نقاط مختلف پای دیوار و ناحیه ساحلی بدون دیوار در محدوده مورد مطالعه با توجه به اطلاعات حاصل از شرکت مهندسان مشاور دریا بندر (دریا بندر، 1377) بر اساس روابط Wilson (1987) و Bagnold (1954) شکل‌های 1 و 2 ارائه شده است. همان‌طور که انتظار می رود در مجاورت دیوار ساحلی و نقطه شکست موج، مقدار آبشستگی حداکثر بوده و با پیش روی به سمت دریا از مقدار آن کاسته می‌شود. همچنین با افزایش ارتفاع موج

جدول 1 ارتفاع و پرید امواج طراحی در منطقه مورد مطالعه

جهت غالب باد	N	NW	NE	E	W
ارتفاع موج در آب عمیق (متر)	7/9	4/99	4/75	6/09	3/09
پرید موج (ثانیه)	14/80	11/76	11/47	14/45	6/75
ارتفاع موج در آب کم عمق (متر)	0/7	3/07	3/01	2/91	2/91



شکل 1 مقایسه عمق آبشستگی در حالت وجود دیوار ساحلی و بدون دیوار ساحلی (برای باد شمالی و دیوار بتنی با زاویه 30 درجه و ارتفاع موج طراحی 3/07 متر و پرید مشخصه 14/8 ثانیه)



شکل 2 تغییرات عمق آبشستگی در حالت‌های مختلف ارتفاع موج (با ضریب انعکاس 0/25)

6- منابع

[1] شرکت مهندسی مشاور دریا بندر (1377). گزارش فنی و مهندسی خدمات مرحله یک طرح توسعه ساحلی منطقه ویژه اقتصادی بندر انزلی .

[2] غبرائی.ع. و لشته نشایی.م.ا. (1381). "بررسی رفتار ناحیه ساحلی دریای خزر در محدوده منطقه اقتصادی ویژه بندر انزلی" مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس بین المللی سواحل، بندر و سازه‌های دریایی (ICOMPAS 2002)، رامسر، ایران. از صفحه 156 الی 160.

[3] لشته نشایی. م.ا. و ارجمندی.ع. (1381). "بررسی پدیده آبشستگی پای سازه‌های ساحلی دریای خزر جهت ارائه و رهنمودهای طراحی در منطقه ویژه اقتصادی بندر انزلی" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جنوب تهران.

[4] لشته نشایی. م.ا. و پاشازاده.ع. (1380). "بررسی پتانسیل آبشستگی در سواحل دریای خزر" مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی سازه‌های هیدرولیکی. دانشگاه شهید باهنر کرمان. ایران. جلد اول از صفحه 561 الی 570.

[5] لشته نشایی. م.ا. و پیروی چشمناسرم. (1381). "بررسی تاثیر پارامترهای ژئوتکنیکی بستر سواحل در انتقال رسوبات ساحلی" پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده فنی. دانشگاه گیلان.

[6] Bagnold, R, A (1954). The Flow of Cohesionless Grains in Fluids. Phil Trans. Roy. Soc London, Vol. 249, pp.235-297.

[7] Dean, R. G. (1991). Equilibrium Beach Profiles, Characteristics and Applications. Journal of Coastal Research, CERF .Vol. 7, No. 1, pp.53-83.

[8] Wilson, K. C (1987). Analysis of Bed-load Motion at High Shear Stresses. J. Hyd. Eng., ASCE, 113(1), pp, 97-103.

2- با توجه به نمودارهای ترسیم شده مشاهده می‌شود که پدیده آبشستگی در عمق کم، تأثیر بیشتری نسبت به عمق زیاد خواهد داشت. به همین دلیل سازه‌هایی که تحت تأثیر جدی آبشستگی - آن هم به شکل تغییر شکل کوتاه مدت - قرار می‌گیرند، شامل سازه‌های حفاظتی نظیر دیوار ساحلی می‌شوند که در این مقاله مطالعه شده است.

3- با وجود دیوار ساحلی به‌عنوان یک مانع در برابر امواج و در اثر برخورد به دیوار و پدیده انعکاس و برگشت موج، عمق آبشستگی بیشتری نسبت به ساحل طبیعی ایجاد می‌شود.

4- پدیده انعکاس خود به‌عنوان عاملی رفتار خواهد کرد که ارتفاع موج را در نزدیک دیوار افزایش می‌دهد و ضریب انعکاس مقادیر مختلفی خواهد داشت که به عواملی مانند زاویه سطح دیوار و جنس دیوار بستگی دارد.

6- فهرست علائم

A	حداکثر دامنه نوسان موج
A^*	حداکثر دامنه نوسان پای دیوار
D_{50}	قطر متوسط دانه های بستر
f_w	ضریب اصطکاک موج
f_w^*	ضریب اصطکاک موج
g	شتاب ثقل
h	عمق آب
H	ارتفاع موج
H_r	ارتفاع موج برگشتی
H_l	ارتفاع موج ورودی
H^*	ارتفاع موج ایستاده
k	عدد موج
K_b	ضریب ثابت $10 - 2/5$
L	طول موج
L_b	عمق آبشستگی
L_b	عمق آبشستگی پای دیوار ساحلی
s	چگالی ذرات بستر
θ	پارامتر شیلدز
θc	پارامتر بحرانی شیلدز
\emptyset	زاویه اصطکاک داخلی مصالح بستر دریا