



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

اثر بالا آمدن سطح دریا بر امواج بزرگ نزدیک ساحل و سازه های دریایی

چکیده

در این مقاله روش ارزیابی اثر بالا آمدن سطح دریا تحت امواج متعارف توسط تونند^۱ (1994) ارائه شده و این کار به امواج غیرمتعارف گسترش داده شده تا تغییرات در امواج بزرگ نزدیک ساحل و پارامترهای مربوط به عملکرد هیدرولیکی^۲ و پایداری سازه های دریایی شیبدار^۳ تعیین شود. تغییرات مربوطه در طول موج، ضریب شکست^۴، ضریب کم عمق^۵ و ارتفاع موج برای امواج بزرگ به صورت تابعی از اثر سطح دریا در عمق آب مطرح می شوند. تغییرات نسبی محاسبه شده در ویژگی های موج در ادامه اثر بالا آمدن سطح دریا بر روی سازه های دریایی را با محاسبه تغییرات در ارتفاع بالا آمدن موج، تخلیه روگذری^۶، ارتفاع آزاد قله^۷ و وزن حفاظ^۸ سازه های تعیین می کند. تغییرات نسبی در ویژگی های موج به عنوان تابعی از عمق آب و زاویه موج آب عمیق یا شیب موج بیان می شوند. تغییرات نسبی در پارامترهای مربوط به سازه به عنوان تابعی از تغییر نسبی در ارتفاع موج و ارتفاع آزاد قله پیش از بالا آمدن سطح دریا بیان می شوند.

واژگان کلیدی: تغییر آب و هوایی، سازه های دریایی، بالا آمدن سطح دریا، امواج بزرگ

1- مقدمه

جامعه بین المللی در طول چند دهه گذشته، به رهبری IPCC (شورای بین المللی تغییرات آب و هوایی)^۹ تحقیقاتی درباره انتشار گازهای گلخانه ای و تغییرات آب و هوایی مربوط به آن انجام داده است ((مارچتی، 1977، اشنایدر و چن، 1980؛ هافتون و همکاران، 1996، 2001؛ مارلند و همکاران، 2003؛ استرن و همکاران، 2006؛ سلیمان و همکاران، 2007؛ استاکر و همکاران، 2013 در میان بسیاری دیگر). سناریوی گازهای گلخانه ای به طور مکرر توسط

¹ Townend

² hydraulic performance

³ inclined coastal structures

⁴ refraction coefficient

⁵ shoaling coefficient,

⁶ overtopping discharge

⁷ crest freeboard

⁸ armor weight

⁹ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

IPCC به روزرسانی می‌شود، که گرایش‌های مختلفی را با توجه به فرضیات در مورد فناوری آینده و توسعه اقتصادی نشان می‌دهد. با این حال تمام سناریوها بالا رفتن دمای هوای ناشی از افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بالا آمدن سطح دریا را نشان می‌دهد. بر همین اساس تحقیقاتی درباره اثر بالا آمدن سطح دریا در مسائل مهندسی دریایی مختلف انجام شده است.

سازه‌های دریایی به طور مستقیم بر بالا آمدن سطح دریا تأثیر می‌گذارند. اثرات افزایش عمق آب و تغییر ارتفاع موج مربوطه بر عملکرد و پایداری سازه‌های دریایی بررسی شده است (کلین و همکاران، 1998؛ ساترلند و وولف 2002؛ اوکایاسو و ساکای؛ 2006؛ استرن و همکاران 2006؛ ریو و همکاران، 2008؛ تورسان و همکاران، 2008؛ ویگلی، 2009؛ ریو، 2010؛ تاکاگی، 2011؛ چینی و استنزبای؛ ساه و همکاران، 2012؛ لی و همکاران، 2013؛ ساه و همکاران، 2013). با این حال بیش‌تر این مطالعات برای یک سایت ویژه و با استفاده از بالا آمدن سطح دریا تحت یک سناریوی ویژه انجام شده‌اند، بنابراین استفاده از نتایج در سایت‌های مختلف و تحت افزایش متفاوت سطح دریا دشوار است. از طرف دیگر، تونند (1994) یک رویکرد بی‌بعد کلی‌تر پیشنهاد کرده که بر روی مجموعه گسترده‌ای از سایت‌ها و سناریوها اعمال می‌شود. بیان تغییر نسبی در عمق آب به صورت $d = D'/D$ ، جایی که D و D' عمق موج پیش و پس از بالا آمدن سطح دریا هستند. تونند تغییرات نسبی ارتفاع موج، طول موج، شیب کم‌عمق و ضریب شکست را با توجه به بالا آمدن سطح دریا به عنوان تابعی از d محاسبه کرده است. علاوه بر آن این تغییرات نسبی برای محاسبه تغییرات نسبی در ارتفاع بالا آمدن، سرعت روگذری موج و ارتفاع آزاد مورد نیاز و وزن حفاظ سازه‌های دریایی محاسبه شدند.

با این حال رویکرد تونند (1994)، براساس تئوری موج متعارف است. در مطالعه حاضر، ما رویکرد او را به غیرمتعارف گسترش می‌دهیم که به طور واقعی در دریا مشاهده می‌شوند. در بخش بعدی روش مورد استفاده برای محاسبه تغییرات نسبی در امواج مختلف و پارامترهای سازه‌ای ناشی از بالا آمدن سطح دریا توضیح داده می‌شود. این نتایج و مباحث در بخش بعدی ارائه می‌شوند. به منظور کاربرد راحت‌تر، این نتایج به طور گرافیکی و به عنوان تابعی از ویژگی‌های موج آب عمیق و عمق آب مربوط به طول موج آب عمیق ارائه می‌شوند. در پایان نتایجی به دست می‌آید.

2- روش

2-1- طرح کلی

برای تخمین اثر بالا آمدن سطح دریا بر امواج و سازه‌ها، همانند کاری که توسط تونند (1994) انجام شده، تغییرات نسبی در عمق آب ناشی از بالا آمدن سطح دریا استفاده می‌شود. یک ساحل طولانی مسطح با کانترهای عمق موازی و مستقیم را در نظر بگیرید، تغییرات نسبی در ویژگی‌های موج (ارتفاع موج، طول موج، ضریب کم‌عمق و ضریب شکست) به عنوان تابعی از تغییرات نسبی در عمق آب تخمین زده می‌شوند. برای گسترش روش تونند (1994) به امواج غیرمتعارف، طول موج و ضریب شکست با فرمول موج متعارف اما با استفاده از مدت زمان موج بزرگ و قوانین موج بر امواج مستقیم تصادفی محاسبه می‌شود. ضریب کم‌عمق توسط فرمول پیشنهادی برای امواج نامتعارف و غیرخطی کم‌عمق محاسبه می‌شود. ارتفاع موج بزرگ با استفاده از فرمول تقریبی گودا¹⁰ (1975) محاسبه می‌شود. تغییرات نسبی در ویژگی‌های موج در ادامه برای محاسبه تغییرات نسبی در پارامترهای مختلف مربوط به عملکرد هیدرولیکی و پایداری سازه‌های دریایی شیب‌داری استفاده می‌شوند. ارتفاع بالا آمدن موج و تخلیه روگذری و ارتفاع آزاد مورد نیاز یک سازه با استفاده از فرمول‌های ارائه شده در دستورالعمل یوروتاپ¹¹ استفاده می‌شوند (پولن¹² و همکاران، 2007). وزن واحد حفاظ با استفاده از فرمول هادسون¹³ با ارتفاع موج بزرگ محاسبه می‌شود.

2-2- علائم

نمادهای زیر در این مقاله استفاده می‌شوند. همه پارامترهای موج مربوط به امواج بزرگ هستند، مگر این که خلاف آن ذکر شود (به عنوان مثال H = ارتفاع موج بزرگ).

$$\tanh^2(2\pi D/L) \sin^2 \alpha_0 = A$$

$$C = \text{سرعت موج (m/s)}$$

¹⁰ Goda

¹¹ Eurotop Manual

¹² Pullen

¹³ Hudson

C_g = سرعت گروهی موج (m/s)

D = عمق آب (m)

g = شتاب گرانشی (m/s^2)

H = ارتفاع موج (m)

K_D = ضریب پایداری واحد حفاظ

K_r = ضریب شکست

K_s = ضریب کم عمق غیر خطی

K_{si} = ضریب کم عمق خطی

L = طول موج (m)

m = شیب ساحل

$\tan \theta = N$

Q = تخلیه روگذری موج ($m^3/s/m$)

R_c = ارتفاع آزاد قله سازه (m)

S = گرانش ویژه واحد حفاظ

$H/L = s$ = شیب موج

T = طول مدت موج (S)؛

W = وزن واحد حفاظ (N)

$Z_{2\%}$ = ارتفاع بالا آمدن موج که 2٪ بیش از موج ورودی است (m)

α = زاویه مستقیم موج اصبی

$$\beta_{\max} = \max\{0.92, 0.32s_0^{-0.29}e^{2.4m}\};$$

$$\beta_0 = 0.028s_0^{-0.38}e^{20m^{1.5}};$$

$$\beta_1 = 0.52e^{4.2m};$$

$$\Gamma = 0.0015K_s^{-1}(D/L_0)^{-2.87}(H_0/L_0)^{1.27};$$

γ_b = عامل اصلاح یک سکو

γ_f = عامل اصلاح قابلیت نفوذ و دقت در یک شیب

γ_s = وزن ویژه واحد حفاظ (N/m^3)

γ_β = عامل رابطه برای حمله موج مورب

θ = زاویه شیب سازه (درجه)

ξ = پارامتر تشابه سطح

ξ_c = پارامتر تشابه سطح بحرانی تقسیم بر امواج شکست و غیرشکست؛

$$\Psi = s_0^{0.62} / (D/L_0)$$

و زیروند «0» یک مقدار در آب عمیق را نشان می دهد.

علامت «'» مقدار پس از بالا آمدن سطح دریا را نشان می دهد، درحالی که مقدار بدون این علامت نشان دهنده یک مقدار پیش از بالا آمدن سطح دریا است. از طرف دیگر حروف کوچک نشان دهنده تغییر نسبی مقدار ناشی از بالا آمدن سطح دریا است. به عنوان مثال $h = H'/H$ که H' و H به ترتیب ارتفاع موج پیش و پس از بالا آمدن سطح دریا هستند.

2-3- ویژگی های موج

2-3-1- طول موج

طول موج مربوط به مدت زمان امواج نامتعارف پیش و پس از بالا آمدن سطح دریا با رابطه پراکندگی محاسبه می - شوند:

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{2\pi g}{L} \tanh \frac{2\pi D}{L} \quad (1)$$

and

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{2\pi g}{L'} \tanh \frac{2\pi D'}{L'} \quad (2)$$

سپس تغییر نسبی در طول موج این طور تعیین می شود:

$$l = \frac{L'}{L} = \frac{\tanh\left(\frac{2\pi D d}{L-l}\right)}{\tanh\left(\frac{2\pi D}{L}\right)} \quad (3)$$

که تابع ضمنی از l است. مدت زمانی که یک موج متعارف در انتشار بر روی ساحل حفظ می‌شود. با این حال مدت زمان موج بزرگ از امواج نامتعارف تغییر می‌کند زیرا اجزای موج طولانی بیش‌تر تحت تأثیر ضرایب کم‌عمق و شکست هستند تا اجزای امواج کوتاه. بنابراین مدت زمان موج بزرگ در یک نقطه نزدیک ساحل می‌تواند قبل و بعد از بالا آمدن سطح دریا برای همان موج دریایی متفاوت باشد که همانند T است که در رابطه‌های (1) و (2) استفاده می‌شود.

2-3-2- ضریب شکست

ضرایب شکست مربوط به موج مستقیم امواج تصادفی قبل و بعد از بالا آمدن سطح دریا این‌طور تعیین می‌شوند:

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (4)$$

$$K'_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha'}} \quad (5)$$

با استفاده از دو معادله قبل در راستای قانون اسنل ($\sin \alpha = (C/C_0) \sin \alpha_0$ و $\cos \alpha =$) و ارتباط ($\sqrt{C_0^2 - C^2 \sin^2 \alpha_0} / C_0$) و $C_0 = 1.56T$ و $\dot{C} = 1.56T \tanh kD$ ، تغییر نسبی در ضریب شکست به این صورت مجاسبه می‌شود:

$$k_r = \frac{K'_r}{K_r} = \left(\frac{1-A}{1-c^2 A} \right)^{1/4} \quad (6)$$

جایی که $c = C'/C = L'/L = l$ و $A = \tanh^2(2\pi D/L) \sin^2 \alpha_0$

2-3-3- ضریب کم‌عمق

با توجه به معادلات شوتو (1974) و ایواگاکي و همکاران (1982)، کوئن و گودا (1996) یک فرمل برای ضریب کم‌عمق به صورت زیر ارائه دادند:

$$K_s = K_{si} + 0.0015 \left(\frac{D}{L_0}\right)^{-2.87} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{1.27} \quad (7)$$

جایی که $L_0 = 1.56T^2$ و $K_{si} = \sqrt{C_0/(2C_g)}$ ضریب کم عمق خطی با تئوری موج دامنه کوچک هستند. سرعت گروهی C_g به این صورت محاسبه می شود:

$$C_g = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi D/L}{\sinh(4\pi D/L)} \right] \left(\frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi D}{L} \right) \quad (8)$$

تغییرات نسبی در ضریب کم عمق خطی ناشی از بالا آمدن سطح دریا این طور ارائه می شود:

$$k_{si} = \sqrt{\frac{1 + \frac{4\pi D/L}{\sinh(4\pi D/L)}}{1 + \frac{4\pi dD/(L)}{\sinh(4\pi dD/(L))}}} \quad (9)$$

ضریب کم عمق غیر خطی پس از بالا آمدن سطح دریا این طور تعیین می شود:

$$K'_s = K'_{si} + 0.0015 \left(\frac{D'}{L_0}\right)^{-2.87} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{1.27} \quad (10)$$

که می توان آن را به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$k_s K_s = k_{si} \left[K_s - 0.0015 \left(\frac{D}{L_0}\right)^{-2.87} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{1.27} \right] + 0.0015 d^{-2.87} \left(\frac{D}{L_0}\right)^{-2.87} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{1.27} \quad (11)$$

که معادله 7 در راستای رابطه $k_{si} = K'_{si}/K_{si}$ استفاده شد. معادله زیر را می توان به صورت زیر ساده نویسی کرد:

$$(k_s - k_{si})K_s = 0.0015 \left(\frac{D}{L_0}\right)^{-2.87} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{1.27} (d^{-2.87} - k_{si}) \quad (12)$$

که در ادامه می توان آن را برای به دست آوردن تغییرات نسبی در ضریب کم عمق غیر خطی بیش تر ساده سازی کرد:

$$k_s = \Gamma (d^{-2.87} - k_{si}) + k_{si} \quad (13)$$

که

$$\Gamma = 0.0015 K_s^{-1} (D/L_0)^{-2.87} (H_0/L_0)^{1.27} \quad (14)$$

2-3-4- ارتفاع موج

برای محاسبه ارتفاع موج بزرگ در ناحیه نزدیک ساحل شامل منطقه گشت، فرمول گودا (1975) استفاده می‌شود:

$$H = \begin{cases} K_s H_0 & : D/L_0 \geq 0.2, \\ \min\{\beta_0 H_0 + \beta_1 D, \beta_{\max} H_0, K_s H_0\} & : D/L_0 < 0.2 \end{cases} \quad (15)$$

که $\beta_1 = 0.52e^{4.2m}$ و $\beta_{\max} = \max\{0.92, 0.32s_0^{-0.29}e^{2.4m}\}$, $\beta_0 = 0.028s_0^{-0.38}e^{20m^{1.5}}$ ارتفاع موج با معادله

قبلی برای امواج برخوردی نرمال محاسبه می‌شود. برای امواج مورب، ارتفاع موج باید در ضریب شکست ضرب شود، K_r .

شکل 1 تغییر در ارتفاع موج بزرگ را نشان می‌دهد که با معادله (15) برای امواجی که به طور نرمال بر روی یک ساحل مسطح با شیب 1/50 با $H_0 = 5 \text{ m}$ و $T = 13 \text{ s}$ محاسبه می‌شود. در این پژوهش منطقه کنار دریا به منطقه کم‌عمق، منطقه گذر، و منطقه گشت تقسیم می‌شود که در شکل 1 نشان داده شده است. در منطقه گذر، امواج در حال شکستن بوده و ارتفاع موج با عمق آب تغییر نمی‌کند. ارتفاع موج ثابت با عمق آب تغییر نمی‌کند. ارتفاع موج ثابت در منطقه گذار با تقریب یک منحنی هموار برای ارتفاع موج به کندی با عمق آب تغییر نمی‌کند. با این حال اختلاف بین منحنی و محاسبات مربوط به معادله (15) تنها چند درصد است. با توجه به معادله (15) و شکل 1، معیار هر منطقه به صورت زیر ارائه می‌شود.

$$\begin{cases} \frac{H_0}{L_0} \geq \frac{\beta_1 D}{\beta_{\max} - \beta_0 L_0} & : \text{surf zone} \\ \frac{H_0}{L_0} < \frac{\beta_1 D}{\beta_{\max} - \beta_0 L_0}, \beta_{\max} < K_s & : \text{transition zone} \\ \beta_{\max} \geq K_s & : \text{shoaling zone} \end{cases} \quad (16)$$

اگر این مکان به منطقه گشت قبل و بعد از بالا آمدن سطح دریا مربوط باشد، تغییرات نسبی در ارتفاع موج به این صورت محاسبه می‌شود: $h = H'/H = (\beta_0 H_0 + \beta_1 D')/(\beta_0 H_0 + \beta_1 D)$ که می‌توان آن را از جهت شیب موج آب

عمیق $s_0 = H_0/L_0$ و D/L_0 به صورت $h = 1 + (d-1)/[\beta_0 s_0/(\beta_1 D/L_0) + 1]$ بیان کرد. اگر این مکان به منطقه

گشت پیش از بالا آمدن سطح دریا مربوط باشد اما بعد از بالا آمدن سطح دریا به منطقه گذر تعلق داشته باشد (در

این جا به صورت منطقه گشت/گذر نشان داده می‌شود)، $h = \beta_{\max} H_0/(\beta_0 H_0 + \beta_1 D)$ را می‌توان برای رسیدن به

تغییر داد. اگر این مکان به منطقه گذر پیش و پس از بالا آمدن سطح دریا مربوط باشد، $H = H' = \beta_{\max} H_0$ که نتیجه $h = 1$ است. اگر این مکان به منطقه گذر پیش از بالا آمدن سطح آب مربوط بوده اما بعد از بالا آمدن سطح دریا به منطقه کم عمق تعلق داشته باشد (در این جا از این به بعد به صورت منطقه گذر/کم عمق مربوط می شود)، $h = \beta_{\max} H_0 / (K_s' H_0) = k_s K_s / \beta_{\max}$. در پایان اگر این مکان به منطقه کم عمق پیش و بعد از بالا آمدن سطح دریا مربوط باشد، $h = K_s' H_0 / (K_s H_0) = k_s$. به طور خلاصه تغییرات نسبی در ارتفاع موج در هر ناحیه به این صورت تعیین می شود:

$$h = \begin{cases} (d-1)/(\beta_0 s_0 / (\beta_1 (D/L_0))) + 1 + 1 & : \text{surf zone} \\ \beta_{\max} / (\beta_0 + \beta_1 (D/L_0) / s_0) & : \text{surf/transition zone} \\ 1 & : \text{transition zone} \\ k_s K_s / \beta_{\max} & : \text{transition/shoaling zone} \\ k_s & : \text{shoaling zone} \end{cases} \quad (17)$$

2-4- عملکرد هیدرولیک و پایداری سازه‌ها

2-4-1- ارتفاع بالا آمدن موج

برای محاسبه ارتفاع بالا آمدن موج، از فرمول ارائه شده در دستورالعمل یوروتاپ (پولن و همکاران، 2007) استفاده می شود:

$$\frac{Z_{2\%}}{H} = 1.65 \gamma_b \gamma_f \gamma_\beta \xi_0 \text{ with a maximum of } \frac{Z_{2\%}}{H} = 1.0 \gamma_b \gamma_f \gamma_\beta \left(4.0 - \frac{1.5}{\sqrt{\xi_0}} \right) \quad (18)$$

جایی که $Z_{2\%}$ = ارتفاع بالا آمدن موج که 2٪ بیش تر از امواج ورودی است، γ_b = فاکتور اصلاح یک سکو، γ_f = فاکتور اصلاح حمله موج مورب، و $\xi_0 = \tan \theta / \sqrt{H/L_0}$ پارامتر تشابه گشت است و θ هم زاویه شیب سازه محسوب می شود.

اولین بخش در معادله (18) نشان می دهد که ارتفاع بالا آمدن موج به طور خطی با ξ_0 در محدوده شکست امواج و ξ_0 کوچک تر از ξ_c افزایش می یابد، پارامتر تشابه سطح بحرانی امواج شکست و غیرشکست را تقسیم می کند. برای امواج غیرشکست و ξ_0 بزرگ تر از ξ_c ، همان طور که در بخش دوم معادله (18) نشان داده شده، افزایش با شیب

کم‌تری بوده و کم و بیش افقی می‌شود. فرض کنید که فاکتور اصلاح با بالا آمدن سطح دریا تغییر نمی‌کند، تغییرات نسبی در ارتفاع بالا آمدن موج در داخل منطقه گشت به صورت $z_{2\%} = \sqrt{h}$ محاسبه می‌شود. برای امواج غیرشکست، دستورالعمل یوروتاپ (پولن و همکاران، 2007) نشان می‌دهد که ξ_0 در محدوده 1/7 تا 3/2 تغییر می‌کند، به طوری که $4.0 - 1.5/\sqrt{\xi_0}$ بین 2/85 و 3/16 تغییر می‌کند. تخمین زدن این مقدار به عنوان ثابت 3/0، بخش دوم در معادله (18) را می‌توان به صورت $Z_{2\%}/H \approx 3.0\gamma_b\gamma_f\gamma_\beta$ نوشت، به طوری که یک رابطه ساده $z_{2\%} \approx h$ را می‌توان در خارج از منطقه گشت استفاده کرد. به طور خلاصه، تغییرات نسبی در ارتفاع بالا آمدن موج به این صورت ارائه می‌شود:

$$z_{2\%} = \begin{cases} \sqrt{h} & \text{inside surf zone} \\ h & \text{outside surf zone} \end{cases} \quad (19)$$

در دستورالعمل یوروتاپ، ارتفاع و مدت زمان موج بزرگ از یک طیف موج استفاده می‌شود که $H_s = 4\sqrt{m_0}$ و $T_s = m_{-1}/m_0$ است، جایی که m_n لحظه n ام یک طیف است. مدت زمان موج بزرگ طیفی تقریباً مشابه است به طوری که از تحلیل موج به موج، امواج ثبت‌شده به دست می‌آید (گودا، 2010)، جایی که ارتفاع موج بزرگ از تحلیل موج به موج بزرگ‌تر از ارتفاع موج بزرگ طیف می‌شود که به سمت آب کم‌عمق می‌رود (تامپسون و وینسنت، 1985). با این حال $z_{2\%}$ خودش به ارتفاع موج مربوط نیست اما به تغییرات نسبی ارتفاع موج بستگی دارد که این موضوع در معادله (19) نشان داده شده است. بنابراین تعریف ارتفاع موج بزرگ تفاوتی در محاسبه $z_{2\%}$ ایجاد نمی‌کند.

2-4-2- تخلیه روگذر موج

برای محاسبه تخلیه روگذر موج، Q بار دیگر از دستورالعمل یوروتاپ (پولن و همکاران، 2007) استفاده می‌شود:

$$\frac{Q}{\sqrt{gH^3}} = 0.2 \exp\left(-2.3 \frac{R_c}{H\gamma_f\gamma_\beta}\right) \quad (20)$$

تغییر نسبی در تخلیه روگذر به این صورت محاسبه می‌شود:

$$q = h^{3/2} \exp\left(2.3 \frac{R_c}{H\gamma_f\gamma_\beta} \left\{1 - \frac{r_c}{h}\right\}\right) \quad (21)$$

جایی که $r_c = R'_c/R_c$ تغییر نسبی در ارتفاع آزاد (شکل 2) است که با $r_c = 1 + (1-d)D/R_c$ تعیین می‌شود (توند، 1994). در معادله (21)، ارتفاع موج خودش در تغییرات نسبی ارتفاع موج دخیل است. بنابراین کاربرد ارتفاع موج بزرگ از تحلیل موج به موج ممکن است q را بیش‌تر از ارتفاع موج طیفی مورد استفاده در آب کم‌عمق (توضیح زیر معادله (19) را ببینید) محاسبه کند.

2-4-3- ارتفاع آزاد مورد نیاز

برای این که هیچ تغییری در تخلیه روگذر موج پس از بالا آمدن سطح دریا ایجاد نشود، ارتفاع آزاد قله سازه باید به اندازه‌ای که در شکل 2 نشان داده شده افزایش یابد. با تعریف ارتفاع آزاد به صورت R'_{c1} ، تغییر نسبی در ارتفاع آزاد قابل محاسبه است، با استفاده از $q=1$ در معادله (21) داریم:

$$r_{c1} = \frac{R'_{c1}}{R_c} = h \left(0.652 \ln h \frac{H\gamma_f\gamma_\beta}{R_c} + 1\right) \quad (22)$$

این نکته را در نظر داشته باشید که R'_{c1} در معادله قبلی ارتفاع آزاد بیش از ارتفاع سطح آب آینده پس از بالا آمدن سطح دریا است. شاید راحت‌تر باشد که از ارتفاع آزاد بیش از سطح آب کنونی استفاده کنیم، R'_{c2} که در شکل 2 نشان داده شده است، به طوری که افزایش مورد نیاز قله به راحتی با $R'_{c2} - R_c$ محاسبه می‌شود. تغییرات نسبی در ارتفاع آزاد با توجه به سطح آب کنونی به این صورت محاسبه می‌شود:

$$r_{c2} = \frac{R'_{c2}}{R_c} = \frac{R'_{c1} + (d-1)D}{R_c} = h \left(0.652 \ln h \frac{H\gamma_f\gamma_\beta}{R_c} + 1\right) + (d-1) \frac{D}{R_c} \quad (23)$$

استفاده از ارتفاع موج بزرگ که از تحلیل موج به دست می‌آید ممکن است کمی r_{c1} و r_{c2} نسبت به کاربرد ارتفاع موج بزرگ طیفی در آب کم‌عمق دست کم گرفته شود (دوباره به توضیحات زیر معادله (19) نگاه کنید).

2-4-4- وزن و شیب سازه

وزن واحدهای حفاظ که از شیب سازه در مقابل خوردگی ناشی از امواج سهمگین محافظت می‌کند با فرمول هادسون (1959) به دست می‌آید:

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{K_D (S-1)^3 \cot \theta} \quad (24)$$

جایی که W ، γ_s ، K_D و S به ترتیب وزن، وزن ویژه، ضریب پایداری و گرانش ویژه از واحد حفاظ هستند. از آنجایی که همه متغیرها به غیر از ارتفاع موج با بالا آمدن سطح دریا تغییر می‌کنند، تغییر نسبی وزن حفاظتی به این صورت محاسبه می‌شود:

$$w = h^3 \quad (25)$$

یک روش جایگزین برای حفظ پایداری واحدهای حفاظتی تغییر شیب سازه به جای افزایش وزن حفاظتی است. با جایگزین کردن $\tan \theta$ با N ، معادله (24) را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$N = \frac{K_D (S-1)^3 W}{\gamma_s H^3} \quad (26)$$

با تعریف $N' = nN$ ، تغییر نسبی در شیب سازه به این صورت تعریف می‌شود:

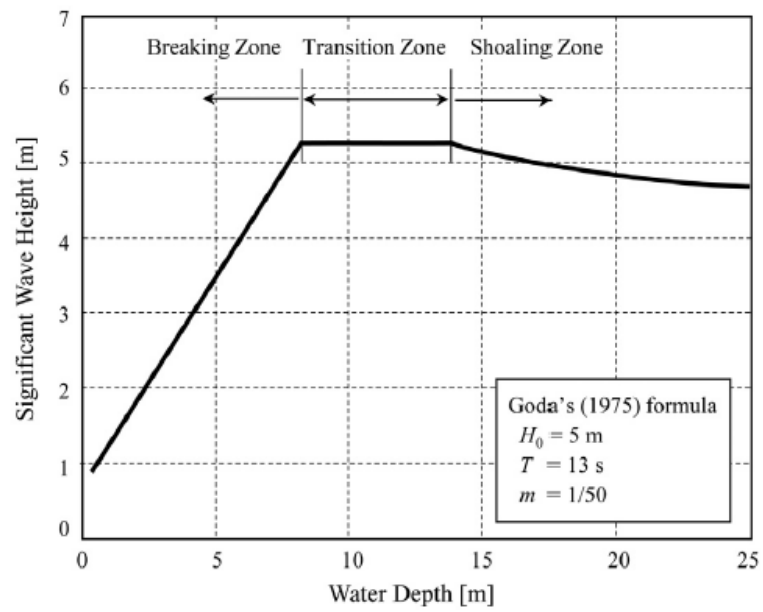
$$n = h^{-3} \quad (27)$$

3- نتایج و مباحث

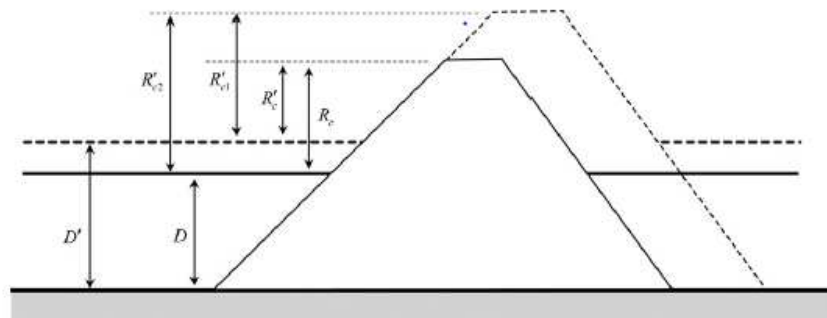
3-1- ویژگی‌های موج

3-1-1- طول موج

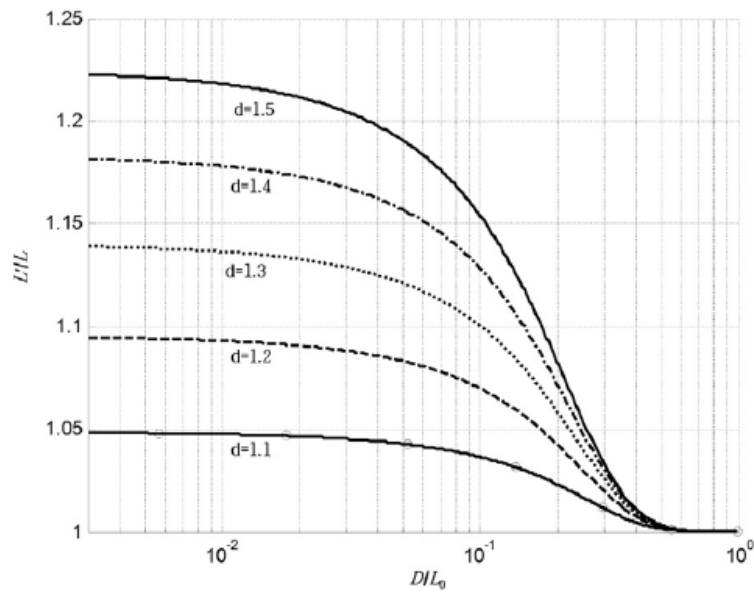
شکل 3 تغییر نسبی در طول موج را به عنوان تابعی از عمق نسبی آب برای مقادیر d نشان می‌دهد و با کاهش عمق آب و افزایش سطح آب، افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر طول موج نسبتاً در آب کم عمق‌تر کم‌تر از درصد کم در منطقه کم عمق $D/L_0 > 0.3$ است، درحالی‌که به سرعت با کاهش عمق آب افزایش می‌یابد، و بزرگ‌تر از 15٪ در آب کم عمق $D/L_0 < 0.1$ در $d = 1.5$ می‌شود.



شکل 1. تعریف مناطق مختلف تبدیل موج.



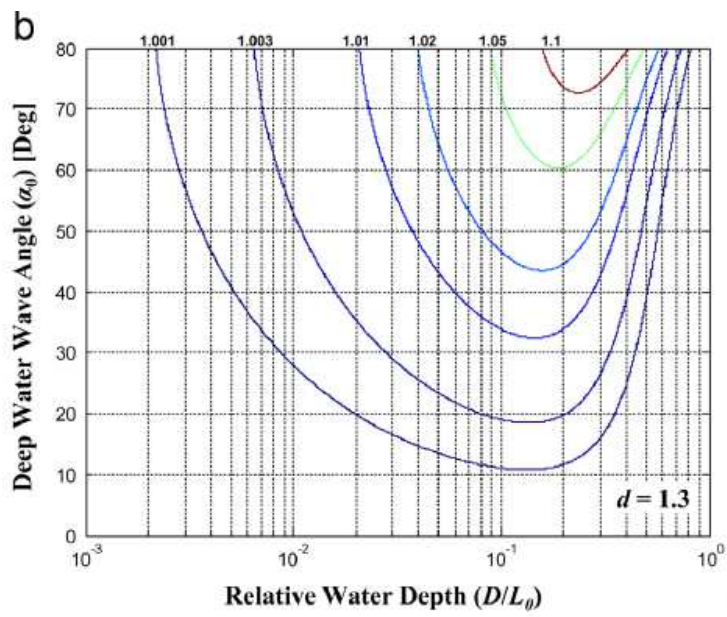
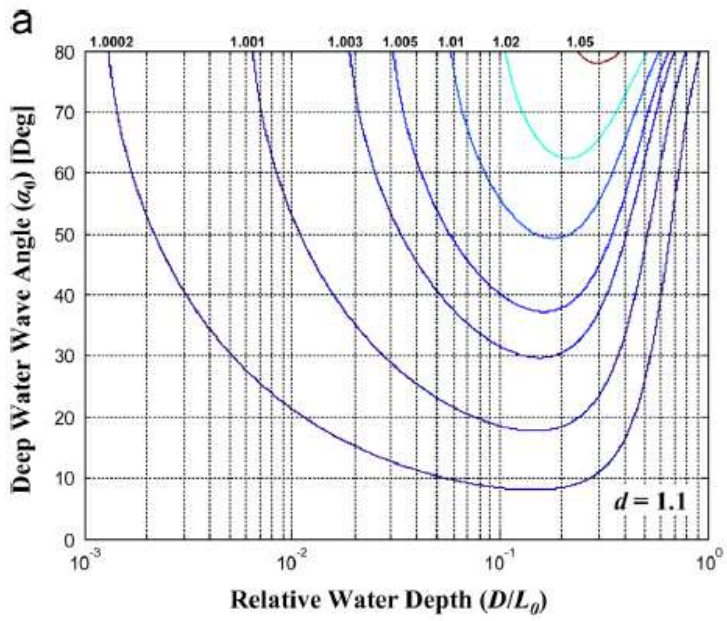
شکل 2. تعریف عمق آب و ارتفاع آزاد قله قبل و بعد از بالا آمدن آب.

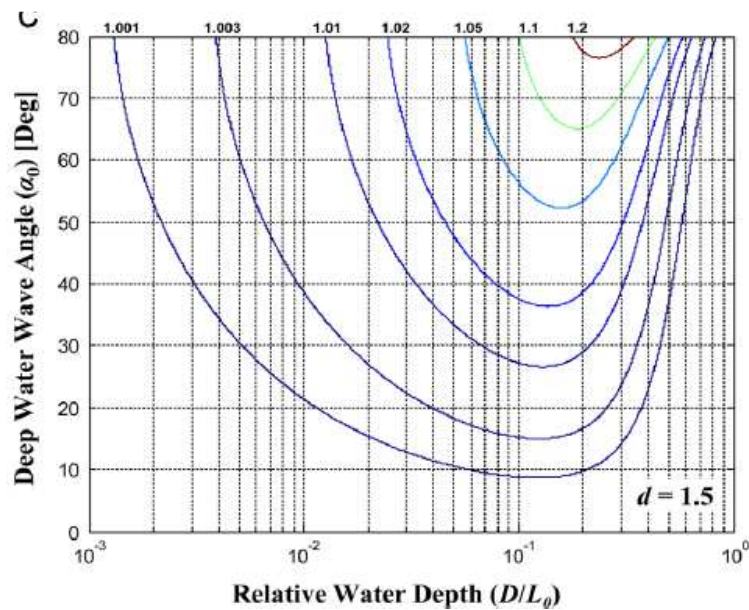


شکل 3. تغییر نسبی در طول موج.

3-1-2- ضریب شکست

شکل 14 تغییرات نسبی در ضریب شکست را به عنوان تابعی از عمق نسبی آب و زاویه موج آب عمیق برای مقادیر مختلف d نشان می‌دهد و با زاویه موج برخوردی و بالا آمدن سطح دریا، بزرگ‌تر از $1/2$ در عمق آب $D/L_0=0.2-0.3$ است که مربوط به زمانی است $\alpha_0 = 80^\circ$ و $d = 1.5$. افزایش ضریب شکست ناشی از بالا آمدن سطح دریا $d = 1.5$ زمانی که زاویه موج برخوردی کوچک‌تر از 5% یا عمق نسبی آب کوچک‌تر از $0/05$ باشد، کم‌تر از 5% است. برای افزایش سطح کوچک $d = 1.1$ ، بدون توجه به زاویه موج، افزایش کم‌تر از 5% است. تغییر نسبی ماکسیمم در ضریب شکست در عمق آب $D/L_0=0.1-0.2$ برای موج احتمالی بیش از 60 درجه بوده و مکان آن با افزایش زاویه موج به آب عمیق‌تر $D/L_0=0.2-0.3$ حرکت می‌کند.





شکل 4. تغییر نسبی در ضریب شکست: (a) $d = 1.1$; (b) $d = 1.3$; (c) $d = 1.5$

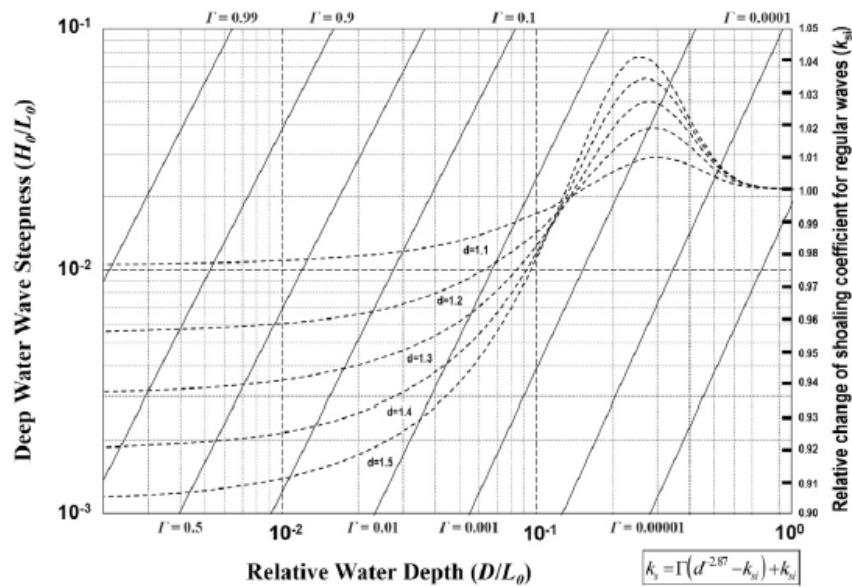
در این پژوهش، ضریب شکست امواج مستقیم تصادفی با فرمول موج متعارف با مدت زمان موج بزرگ و جهت موج اصلی محاسبه می‌شود. ضریب شکست دقیق‌تر با یکپارچه کردن حاصل انرژی نسبی و مربع ضریب شکست هر جزء موج در فرکانس و جهت کلی (به عنوان مثال، گودا، 2010) محاسبه می‌شود. برای مقایسه تغییر نسبی ضریب شکست بین دو روش‌های یک مثال محاسباتی با $D = 10 \text{ m}$, $D' = 11 \text{ m}$, $T = 10 \text{ s}$, $\alpha_0 = 50^\circ$ و $S_{\max} = 10$ ایجاد می‌شود که ماکسیمم پارامتر انتشار مستقیم برای امواج باد است. برای هر دو روش $k_r = 1.005$ است. روش گودا با $S_{\max} = 25$ و 50 به ترتیب دارای $k_r = 1/006$ و $1/007$ است، که زیاد با $S_{\max} = 10$ تفاوت ندارد. تست‌های دیگر با مقادیر مختلف مدت زمان موج، زاویه موج احتمالی یا افزایش سطح دریا نشان می‌دهد که اختلاف بین این دو روش ناچیز است. بنابراین روش تقریبی مورد استفاده در این مطالعه به نظر برای اهداف مهندسی کافی است.

3-1-3- ضریب کم عمق

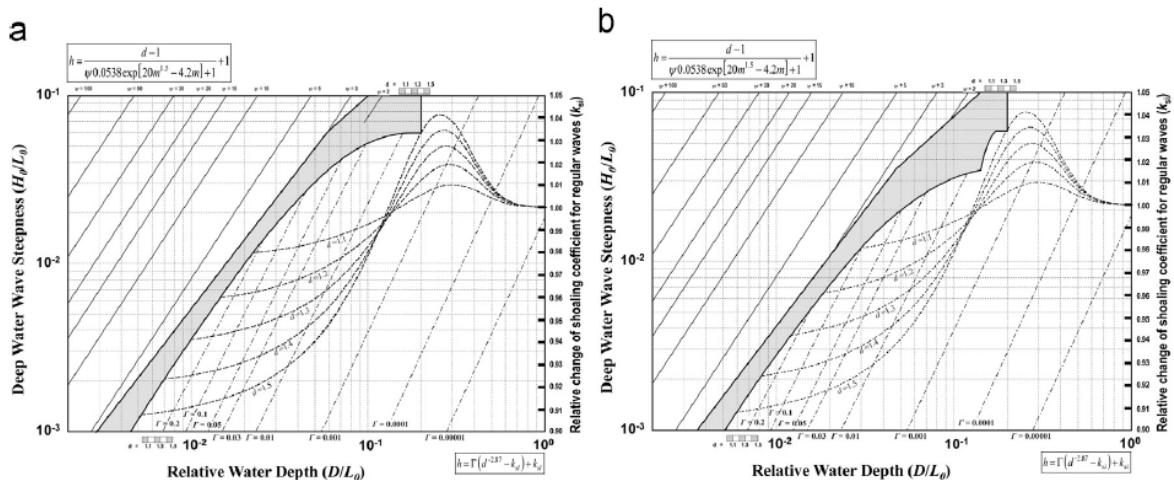
تغییر نسبی در ضریب کم عمق را می‌توان با معادله (13) محاسبه کرد. همچنین می‌توان آن را از شکل 5 محاسبه کرد، که می‌توان به طور گرافیکی k_{si} و Γ را خواند. تغییر نسبی ضریب کم عمق خطی، k_{si} از ترتیب مناسب در شکل 5 برای d و D/L_0 خوانده می‌شود.

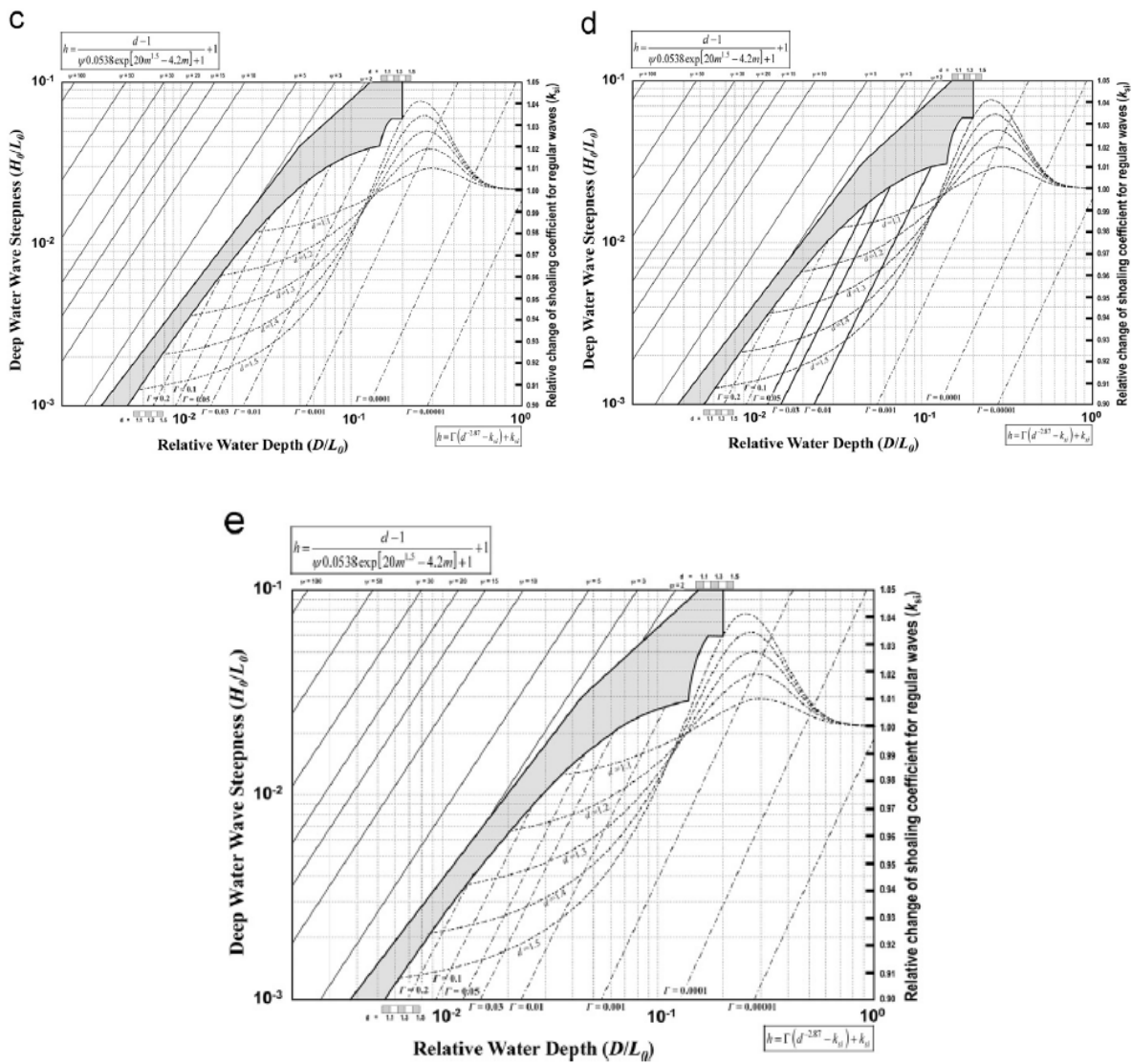
3-1-4- ارتفاع موج

شکل 6 نمودارهای محاسبه تغییر نسبی در ارتفاع موج ناشی از بالا آمدن سطح دریا در نواحی نزدیک دریا با اختلاف شیب‌های زیرین مختلف است. در این شکل‌ها نواحی سایه‌زده منطقه گذار را نشان می‌دهد، درحالی‌که سمت چپ و راست نشان‌دهنده منطقه گشت و منطقه کم‌عمق است. اگر عمق آب به دلیل افزایش سطح دریا زیاد شود، منطقه گذر به سمت راست تغییر پیدا می‌کند. مقدار این تغییر با نوارهای d معین در طرف بالا و پایین شکل نشان داده می‌شود.



شکل 5. تغییر نسبی در ضریب کم‌عمق.





شکل 6. تغییر نسبی در ارتفاع موج: (a) $m = 1/10$; (b) $m = 1/20$; (c) $m = 1/30$; (d) $m = 1/50$; (e) $m = 1/100$

برای محاسبه تغییر نسبی در ارتفاع موج با استفاده از این شکل‌ها، که منطقه‌ای است که این مکان‌ها به آن تعلق دارند، که با $m, d, D/L_0$ و H_0/L_0 تعیین می‌شوند. اگر این مکان به منطقه گشت مربوط باشد، مقدار $\Psi = s_0^{0.62} / (D/L_0)$ از شکل خوانده می‌شود. تغییر نسبی در ارتفاع موج در ادامه با اولین معادله در رابطه (17) به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$h = \frac{d-1}{0.0538 \Psi \exp(20m^{1.5} - 4.2m) + 1} + 1 \quad (28)$$

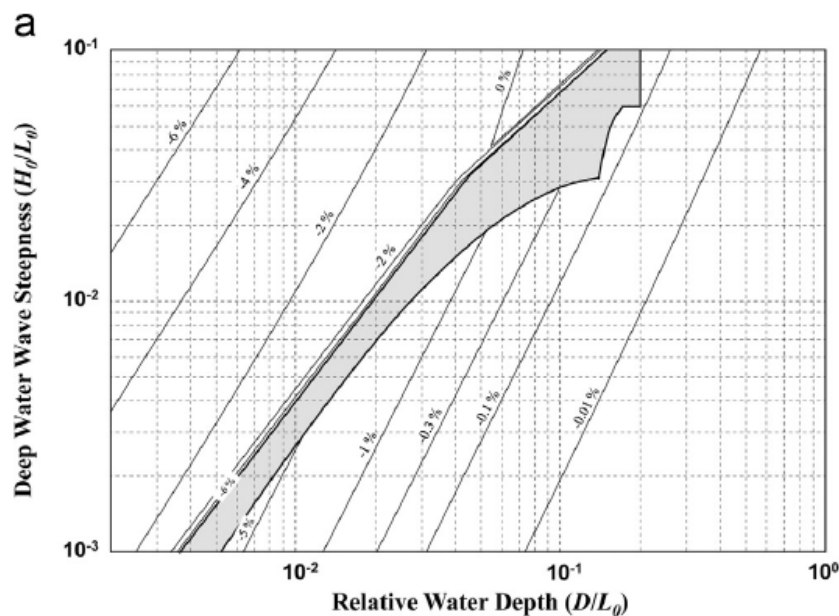
اگر این مکان به منطقه کم عمق مربوط باشد، تغییر نسبی در ارتفاع موج همانند تغییر نسبی ضریب کم عمق است که با معادله (13)، Γ و k_{si} از شکل خوانده می‌شوند. اگر این مکان به منطقه گذر/گشت، منطقه گذر یا منطقه کم-عمق/گذر مربوط باشد، h با معادله (17) به دست می‌آید. از آنجایی که تغییر نسبی در ارتفاع موج به محاسبات پیچیده‌تری نسبت به پارامترهای موج نیاز دارد و به طور گسترده برای محاسبه تغییرات نسبی در پارامترهای مربوط به سازه استفاده می‌شود، یک مثال کاربردی در پیوست آورده شده است.

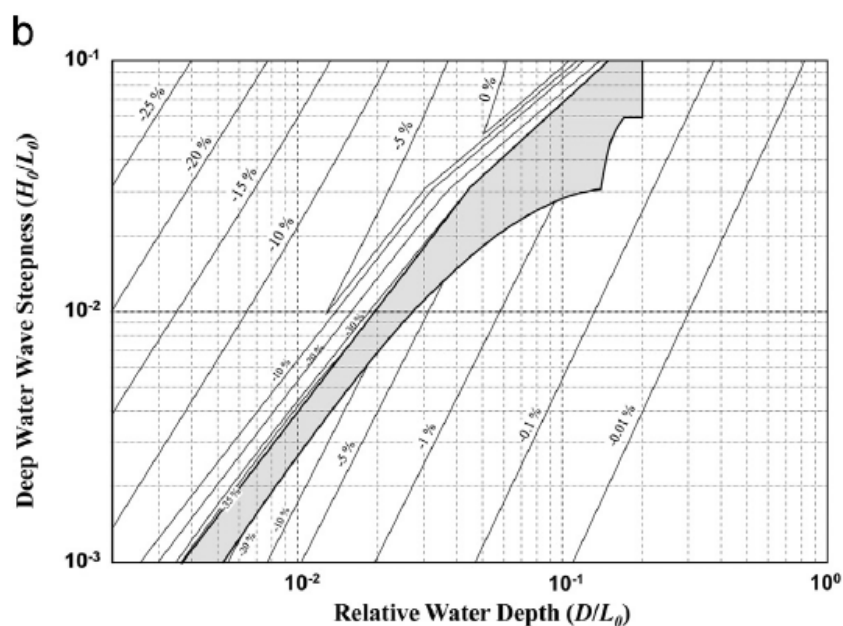
برای مقایسه تغییر نسبی در ارتفاع موج بین مطالعه حاضر و روش تونند (1994)، دو مورد $d = 1.1$ و $d = 1.5$ در ساحل با شیب $1/50$ آزمایش می‌شوند. در شرایط واقعی، تغییر نسبی در عمق آب نزدیک به $d=1/5$ در منطقه‌ای نزدیک به منطقه کم عمق است، در حالی که در اب عمیق تر به $d = 1.1$ نزدیک است. اختلاف درصد بین دو روش این طور تعریف می‌شود:

$$\% \text{ difference} = \frac{h - h_T}{h_T} \times 100\% \quad (29)$$

جایی که h در تغییر نسبی در ارتفاع موج با روش حاضر محاسبه می‌شود و h_T تغییر نسبی با روش تونند (1994) است. اختلاف درصد در شکل 7 برای $d=1/1$ و $d=1/5$ است. در هر دو مورد ماکسیمم اختلاف در راستای مرز بین منطقه گشت و منطقه گذر اتفاق می‌افتد و روش تونند (1995) همیشه تغییر ارتفاع موج بزرگ‌تر را محاسبه می‌کند. در منطقه گشت، اختلاف با شیب موج در عمق نسبی آب مشابه افزایش می‌یابد. برای شبیه موج مشابه، اختلاف با کاهش عمق نسبی آب در خارج از منطقه گشت کاهش می‌یابد اما در داخل منطقه گشت افزایش می‌یابد. در مورد $d = 1.1$ ، ماکسیمم اختلاف در حدود 6% هم در نزدیکی ساحل و هم در امتداد مرز بین منطقه گشت و منطقه گذر اتفاق می‌افتد. در مورد $d = 1.5$ ، ماکسیمم اختلاف در حدود 35% در امتداد مرز بین منطقه گشت و منطقه گذر اتفاق افتاده و اختلاف در حدود 25% در نزدیکی ساحل اتفاق می‌افتد. در منطقه کم عمق، اختلاف به سرعت با افزایش عمق نسبی آب و کاهش شیب موج، کاهش می‌یابد، به طوری که یک اختلاف چشمگیر در نزدیکی مرز منطقه گذر برای امواج با شیب کوچک مشاهده می‌شود. در هر مورد $d = 1.1$ و $d = 1.5$ ، ماکسیمم اختلاف در حدود 5% و 20% برای شیب بسیار کم است.

نتایج قبلی نشان می‌دهد که اختلاف ماکسیمم درصد بین دو روش در حدود 35٪- در مرز ساحلی منطقه گشت است، این مربوط به زمانی است که $d = 1.5$. همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، اگرچه این مقدار d به طور نامعقولی در خارج از منطقه گشت بزرگ است، که در آنجا عمق آب نسبتاً بزرگ است. بنابراین اختلاف در این منطقه برای $d = 1.5$ بی‌معنی است. با این حال اختلاف درصد 25٪- برای $d = 1.5$ داخل منطقه گشت ممکن است، زیرا عمق آب در آنجا نسبتاً کوچک است. به عبارت دیگر اختلاف درصد در شکل 7 الف برای $d = 1.1$ در خارج از منطقه گشت لازم است، جایی که عمق آب نسبتاً بزرگ است. به طور خلاصه، روش توند تغییرات نسبتاً بزرگ در ارتفاع موج در داخل منطقه گشت را بیش‌تر از حد تخمین می‌زند و این مسأله به سوی ساحل افزایش می‌یابد.





شکل 7. اختلاف درصد تغییرات نسبی در ارتفاع موج بین روش حاضر و روش تونند (1994): (a) $d = 1.1$; (b) $d = 1.5$.

3-2- عملکرد هیدرولیک و پایداری سازه‌ها

تغییرات نسبی ویژگی‌های موج در بخش قبلی به عنوان تابعی از عمق نسبی آب و شیب موج آب عمیق برای مقادیر ثابت d بیان می‌شود. بنابراین نتایج یک مقدار معین d تنها در محدوده معینی از عمق نسبی آب واقع‌گرایانه هستند. به عنوان مثال $d = 1.5$ احتمال دارد در آب عمیق‌تر از 2 متر اتفاق بیفتد، در حالی که $d = 1.1$ در آب‌های کم‌عمق‌تر از 2 متر تنها زمانی اتفاق می‌افتد که سطح آب دریا کم‌تر از 20 سانتی‌متر بالا بیاید. پس از این در این جا برای بررسی واقع‌گرایانه‌تر اثر بالا آمدن سطح دریا بر سازه‌های دریایی، ما از مقادیر ثابت بالا آمدن سطح دریا (0/3 و 0/5 متر) استفاده کرده و تغییرات نسبی در پارامترهای مربوط به سازه‌های مختلف را به عنوان تابعی از D/L_0 بیان می‌-

کنیم. فرض می‌کنیم که $m = 1/50$ ، $H_0 = 5$ m و $T = 10$ ، بنابراین $C_0 = 15.6$ m/s، $L_0 = 156$ m، $\beta_0 = 0.119$ ، $\beta_{\max} = 0.972$ و $s_0 = 0.0321$ و $\beta_1 = 0.566$ ما هم‌چنین فرض می‌کنیم که شیب سازه

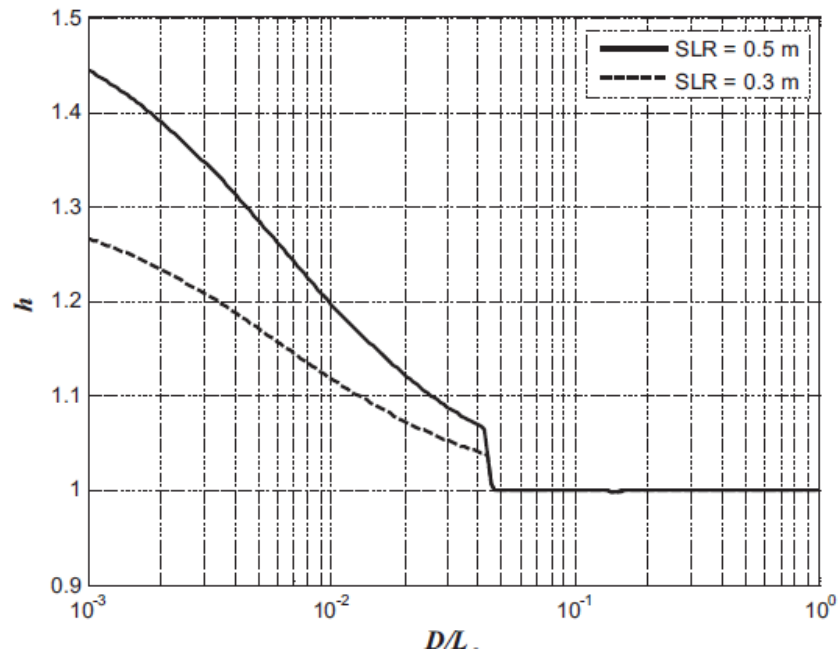
$$\tan \theta = 1/1.5$$

از آن جایی که تغییرات نسبی در پارامترهای سازه‌ای همه به تغییرات نسبی ارتفاع آب مربوط هستند، ما در ابتدا تغییر h با D/L_0 را در شکل 8 نشان می‌دهیم. تغییر نسبی در ارتفاع موج در منطقه کم‌عمق اتفاق نمی‌افتد و در

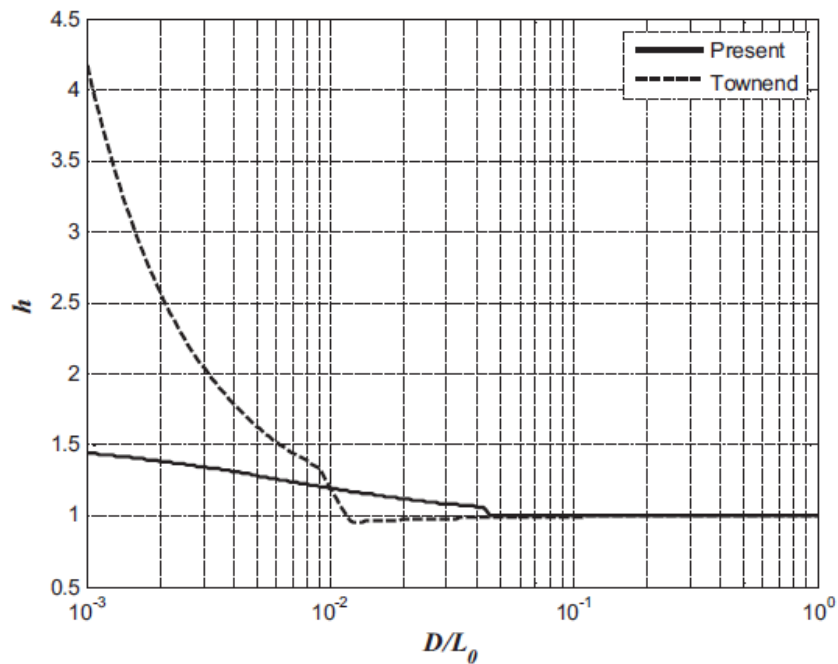
مرحله گذر بالا رفته و به طور پیوسته به سمت ساحل در داخل منطقه گشت افزایش می‌یابد. هرچقدر سطح دریا بیش‌تر بالا بیاید، h بیش‌تری محاسبه می‌شود، زیرا محدودیت عمق ناشی از افزایش عمق آب کم‌تر اتفاق می‌افتد. شکل 9 h بین روش‌های حاضر و روش تونند را مقایسه می‌کند. همانند آنچه از شکل 7 نتیجه شد، روش تونند h را در داخل منطقه گشت بیش از اندازه تخمین می‌زند و این تخمین اضافی به سمت ساحل افزایش می‌یابد.

شکل 10 تغییر نسبی در ارتفاع بالا رفتن موج را به عنوان تابعی از D/L_0 نشان می‌دهد. در مقایسه با شکل 8، رابطه $\bar{z}_{2\%} = \sqrt{h}$ در داخل منطقه گشت تأیید می‌شود.

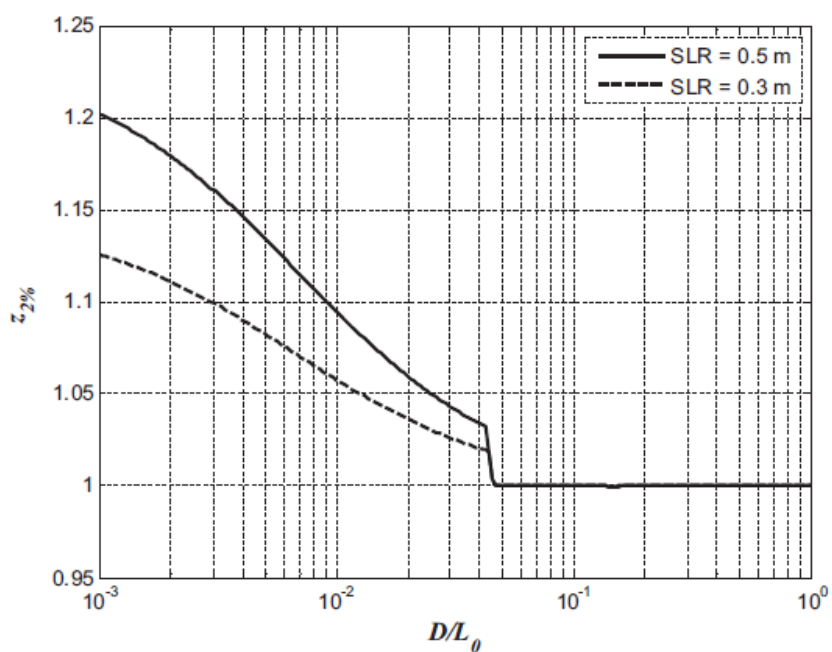
شکل 11 تغییر نسبی تخلیه روگذر موج را به عنوان تابعی از D/L_0 نشان می‌دهد. در محاسبه Q و q در معادله 20 و 21، ارتفاع موج H با معادله 15 به دست آمد و ارتفاع آزاد قله R_c همانند $Z_{2\%}$ محاسبه شده در معادله 18 بود. فرض می‌شود امواجی که به طور نرمال بر روی یک سازه وارد می‌شوند با تتراپاداها حفاظت می‌گردند به طوری که $\gamma_\beta = 1.0$ و $\gamma_f = 0.38$ استفاده شدند (پولن و همکاران، 2007). در منطقه کم‌عمق q به ندرت با عمق آب برای افزایش معین سطح دریا، تغییر می‌کند. با این حال برای افزایش سطح مختلف، متفاوت است. این نتیجه با آن‌هایی که برای h و $Z_{2\%}$ به دست آمد تفاوت دارد، که تفاوت اندکی بین سطوح مختلف دریا نشان می‌دهد. معادله 21 نشان می‌دهد که q می‌تواند برای سطوح مختلف دریا برای h یکسان، متفاوت باشد، زیرا r_c با افزایش سطح دریا کاهش می‌یابد. در منطقه گشت، R_c/H با کاهش عمق آب ناشی از معادله 18 افزایش می‌یابد، زیرا H و ξ_0 به ترتیب با کاهش عمق آب کاهش و افزایش می‌یابند. از طرف دیگر r_c (بدون نشان دادن گراف) کاهش یافته و h با کاهش عمق آب، افزایش می‌یابد، به طوری که $1 - r_c/h$ با کاهش عمق آب افزایش می‌یابد. بنابراین معادله 21 نشان می‌دهد که q به طور توانی با کاهش عمق آب در داخل منطقه گشت، کاهش می‌یابد که این مسأله در شکل 11 تأیید شده است.



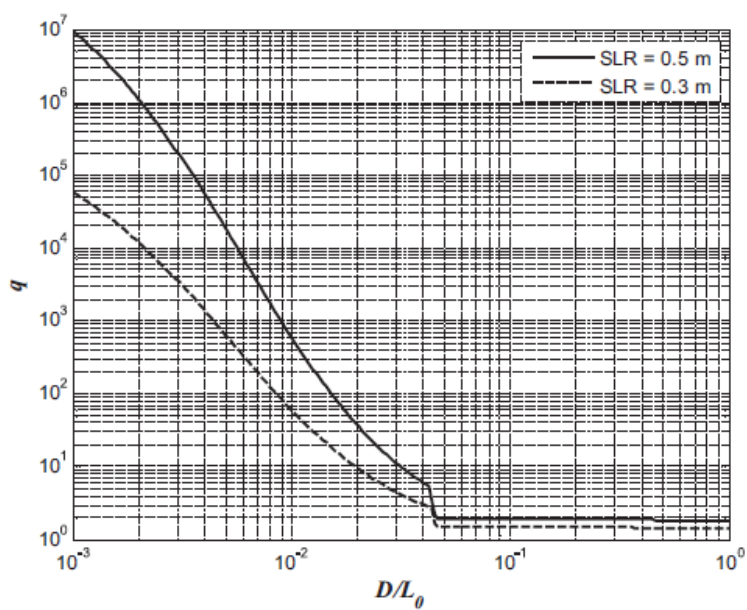
شکل 8. تغییر نسبی در ارتفاع موج به عنوان تابعی از D/L_0 برای سطوح مختلف دریا.



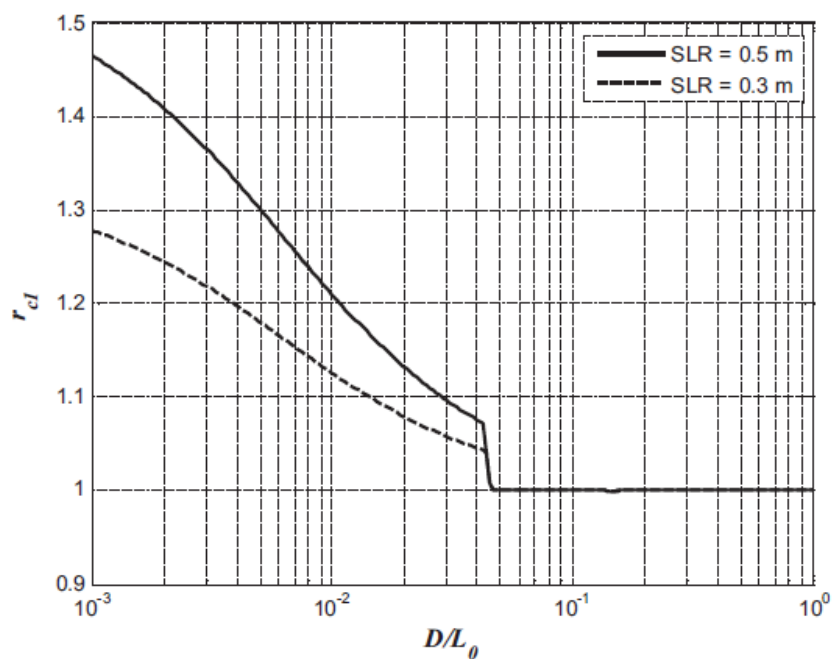
شکل 9. مقایسه تغییر نسبی در ارتفاع موج به عنوان تابعی از D/L_0 بین روش‌های حاضر و توند (1994) برای افزایش سطح دریا به اندازه 0/5 متر.



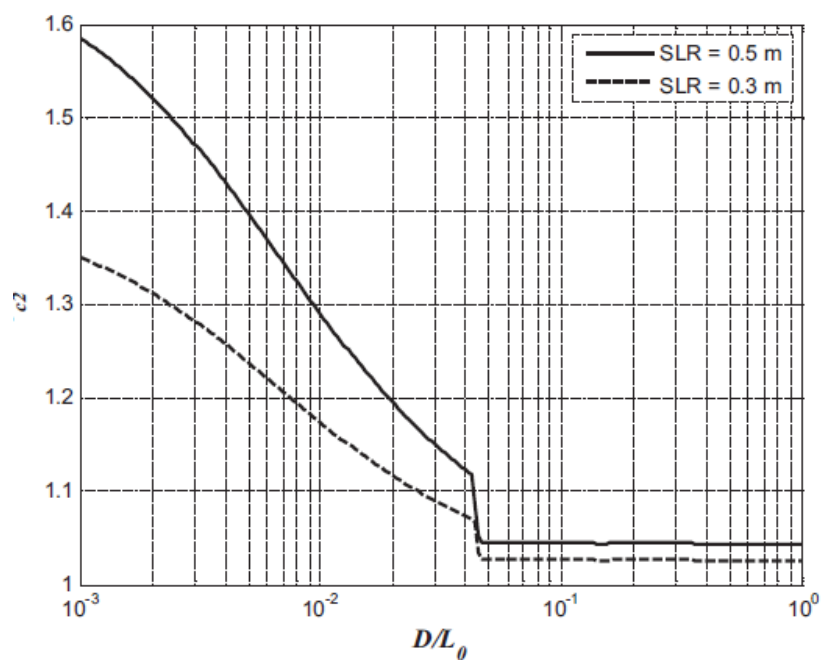
شکل 10. تغییر نسبی در ارتفاع بالا آمدن موج به عنوان تابعی از D/L_0 برای افزایش متفاوت سطح دریا.



شکل 11. تغییر نسبی در تخلیه روگذر موج به عنوان تابعی از D/L_0 برای افزایش متفاوت سطح دریا.

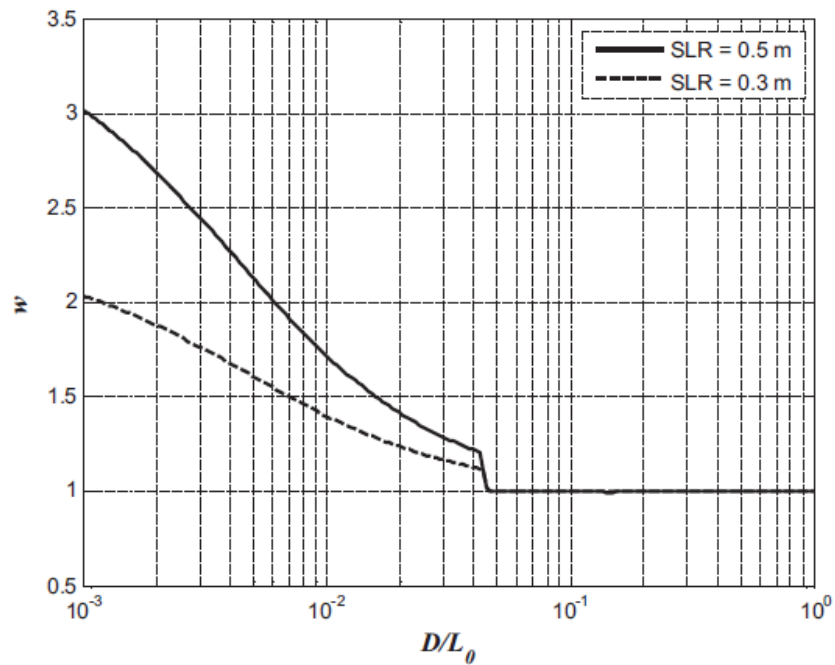


شکل 12. تغییر نسبی در افزایش ارتفاع آزاد قله بیش از سطح آب آینده به عنوان تابعی از D/L_0 برای افزایش متفاوت سطح دریا.

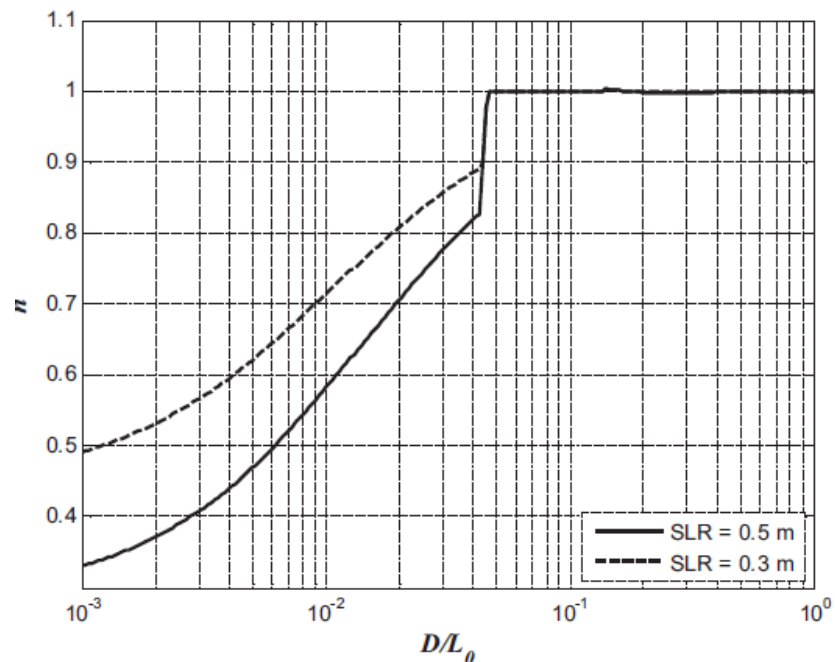


شکل 13. تغییر نسبی در افزایش ارتفاع آزاد قله بیش از سطح آب حاضر به عنوان تابعی از D/L_0 برای افزایش

متفاوت سطح دریا.



شکل 14. تغییر نسبی در وزن حفاظ به عنوان تابعی از D/L_0 برای افزایش متفاوت سطح دریا.



شکل 15. تغییر نسبی در شیب سازه به عنوان تابعی از D/L_0 برای افزایش متفاوت سطح دریا.

شکل 12 r_{c1} را به عنوان تابعی از D/L_0 نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که نتایج تغییرات نسبی تقریباً مانند ارتفاع موج در شکل 8 هستند. این مسأله نشان می‌دهد که اولین عبارت در پرانتز در معادله 22 در مقایسه با واحد بسیار کوچک است. در منطقه کم‌عمق وقتی $h \cong 1.0$ ، این مقدار صفر می‌شود، زیرا $\ln 1.0 = 0$. در منطقه گشت، به عنوان مثال اگر ما فرض کنیم $D/L_0 = 0.01$ و افزایش سطح دریا 0/5 متر باشد، ما $D = 1.56 \text{ m}$ و $h = 1.2$ را از شکل 8 به دست می‌آوریم. فرض کنید که $H = D$ ، ما $\xi_0 = 6.67$ را به دست می‌آوریم. فرض کنید که $\gamma_b = \gamma_\beta = 1.0$ و $\gamma_f = 0.38$ ، ما $H/R_c = 0.24$ را از معادله 18 به دست می‌آوریم. در پایان مقدار این عبارت 0/01 محاسبه می‌شود که نشان می‌دهد که r_{c1} را می‌توان با h تخمین زد. شکل 13 r_{c2} را به عنوان D/L_0 نشان می‌دهد، که بزرگ‌تر از r_{c1} با $(D' - D)/R_c$ است.

شکل 14 و 15 تغییرات نسبی در وزن حفاظ و شیب سازه را به عنوان تابعی از D/L_0 نشان می‌دهد. مقایسه با شکل 8، رابطه $w = h^3$ و $n = h^{-3}$ تأیید می‌شود.

4- نتیجه‌گیری

در این پژوهش روش تونند برای امواج متعارف برای امواج غیرمتعارف برای تخمین تغییرات در امواج بزرگ نزدیک ساحل و پارامترهای مربوط به عملکرد هیدرولیکی و پایداری سازه‌های دریایی شیبدار گسترش می‌دهد. یافته‌های اصلی به صورت زیر هستند:

- (1) تغییر نسبی در طول موج با کاهش عمق آب و افزایش بالا آمدن سطح دریا افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، طول موج در آب کم‌عمق‌تر که در معرض افزایش سطح آب قرار دارد، به نسبت تغییر می‌کند.
- (2) تغییر نسبی در ضریب شکست با زاویه موج محتمل و افزایش سطح دریا افزایش می‌یابد. ماکسیمم تغییر در عمق آب $D/L_0 = 0.1 - 0.2$ برای زاویه موج محتمل در حدود 60 درجه اتفاق می‌افتد و مکان آن به سوی آب عمیق‌تر حرکت می‌کند که زاویه موج بیش‌تر افزایش می‌یابد.
- (3) تغییر نسبی در ضریب کم‌عمق با کاهش عمق آب و افزایش شیب موج، افزایش می‌یابد.

(4) تغییرات نسبی در ارتفاع موج، h ، در منطقه کم عمق ناچیز است، اما به سوی ساحل در داخل گشت افزایش می یابد. هرچقدر سطح آب افزایش یابد، h بیش تر محاسبه می شود، زیرا شکست محدودیت عمق به دلیل افزایش عمق آب اتفاق می افتد. گرایش مشابهی برای تغییرات نسبی در افزایش ارتفاع موج، ارتفاع آزاد قله (بعد از این که برای حفظ تخلیه روگذر بدون تغییر باقی ماند) و وزن حفاظت مشاهده می شود، که به اساسا با توان h متناسب است. یک گرایش متقابل برای تغییر نسبی در شیب سازه مشاهده می شود که h به توان 3- به دست می آید.

(5) روش توند براساس نظریه موج متعارف وقتی به سمت ساحل حرکت می کند، تغییر نسبی در ارتفاع موج را در داخل منطقه گشت بیش از حد تخمین می زند.

(6) اگر ارتفاع آزاد قله افزایش نیابد، تغییر نسبی در تخلیه روگذر موج به ندرت با عمق آب در منطقه کم عمق برای سطح معین دریا تغییر می کند. در منطقه گشت، با این حال این مقدار به طور توانی با کاهش عمق آب افزایش پیدا می کند. در هر دو منطقه، این مقدار با افزایش سطح دریا، افزایش می یابد.

نتایج این پژوهش برای طول موج و شکست موج و ضرایب کم عمق را می توان برای یک ساحل غیر مسطح استفاده کرد، این مسأله تا زمانی صدق می کند که کانتورهای پایینی مستقیم و موازی ساحل هستند. با این حال کاربرد این نتایج برای پارامترهای دیگر نسبت به یک ساحل غیر مسطح ممکن است خطا داشته باشد، زیرا فرمول گودا (1975) برای موج بزرگ نزدیک ساحل برای یک ساحل مسطح ایجاد شد.

در پایان شایان ذکر است که افزایش بالارفتن قعر موج دریا، که با قانون مشهور برون^{۱۴} بیان شده، در این پژوهش ذکر نشد. بنابراین برخی نتایج مطالعه حاضر با انجام آزمایشات لابراتوار تأیید می شوند، با افزایش عمق آب، حتی میانگین افزایش سطح آب با تغییرات آب و هوایی در طولانی مدت به آرامی تغییر می کند. با این حال چنین اعتبارسنجی در این پژوهش انجام نشده، زیرا اثر عمق آب در حال حاضر به طور نظری یا تجربی در استخراج فرمول استفاده شده در این پژوهش در نظر گرفته شده است.

منابع

¹⁴ Bruun rule



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی