معیارهای انتخاب و طراحی سازه‌های قفس تطابق پذیر با محیط

کامیار غرا

موسسه تحقیقاتی علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۱۰/۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۲۲

Kamyar.gharra75@gmail.com

چکیده

بهره گیری از سازه های قفس بدلیل مزایایی مانند افزایش ظرفیت تولید، قدرت خود پالایی بیشتر در محیط های دریایی، قابلیت تهویه آب، عدم نیاز به اکسیژن دهی، کاهش هزینه‌های استهلاک، تعمیر و نگهداری و استفاده از محیط طبیعی، شرایط کارآمدی را در حوزه پرورش آبزیان فراهم نموده است. عملکرد و بهره وری سازه های مبتنی بر قفس به عوامل مختلفی مانند نوع طراحی، اندازه و مواد بکار رفته در سازه ها، تنوع محیطی شامل مکان های نسبتاً محافظت شده و بسته، مکان های بسیار باز یا در معرض جریان و همچنین انواع قفس (شناور و غوطه‌ور) بستگی دارد. بنابراین لزوم طراحی سازه در تطابق با محیط از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مقاله حاضر در راستای اهداف فوق، ملاحظات انتخاب و طراحی سازه های قفس را مورد بررسی قرار می‌دهد. هدف این است که با تعیین میزان پارامترهایی مانند ارتفاع مؤثر امواج، دوره بازگشت سرعت باد، حرکت موج و الگوی موج، قفس متناسب با شرایط اقلیمی هر منطقه انتخاب شود. همچنین بتوان مقدار نیروی وارد بر سازه ناشی از عوامل مذکور را پیش بینی کرد. بنابراین با شناسایی پیامدهای نامطلوب و انتخاب نوع و نحوه استقرار سازه قفس متناسب با شرایط منطقه می‌توان اثرات مخرب را کاهش داد و بهبود قابل توجهی در عملکرد سازه های قفس ایجاد کرد. نتایج تحقیق نشان داد که نیروی ناشی از جریان امواج در مقایسه با سایر عوامل غالب است و نقش تعیین کننده‌ای در طراحی قفس خواهد داشت.

واژه های کلیدی: پرورش آبزیان، طراحی انواع قفس، نیروی امواج، باد، جریان

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)

مقدمه

بکارگیری از سازه های مبتنی بر قفس در طی دهه‌های اخیر به عنوان یکی از ظرفیت‌های توسعه آبزی پروری کشور مطرح بوده است و با توجه به شرایط عمومی و اقلیمی کشور، وجود برخی امکانات زیر بنایی طبیعی، تاکنون توسعه گسترده‌ای نیافته است. در سال ۱۳۴۹ پرورش ماهی در قفس‌های شناور در ایران در خلیج گرگان انجام شد. هدف از این پرورش، آزمایشات مقایسه‌ای بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بود که برای محیط قفس از جعبه‌های مخصوص استفاده گردید (آذری، ۱۳۷۴). در طی دهه هفتاد استقرار قفسهای کوچک در محیطهای آبی نظیر دریاچه پشت سدها، دریاچه‌ها و آب بندان‌ها، گوشه کوچکی از ظرفیت‌های توسعه پرورش ماهی در قفس را آشکار کرد. این فعالیت ها ادامه داشت تا در سال۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ بازسازی و اصلاح قفس‌ها توسط شرکت ترکیه‌ای و انجام دو دوره پرورش آزمایشی ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان صورت گرفت که بر اثر طوفان‌ها با مشکلاتی روبرو بودند. نتایج بررسی ها نشان داد که در سال ۱۳۹۲ ، از مجموع ۴۵ مزرعه فعال قفس در ۱۲ استان کشور، بیش از ۱۲۴۵ تن ماهی قزل آلا تولید شد (فارابی و همکاران، ۱۳۹۳). در سال ۱۳۹۳ پرورش ماهی در قفس در شمال کشور با آهنگ توسعه بیشتری همراه شد. به گونه ای که در استان مازندران از ۵۶ حلقه قفس شناور موجود ۲۲ حلقه قفس با ظرفیت ۶۶۰ تن و در استان گیلان ۴ حلقه با ظرفیت ۲۰ تن فعال بوده است (فارابی و همکاران، ۱۳۹۳).

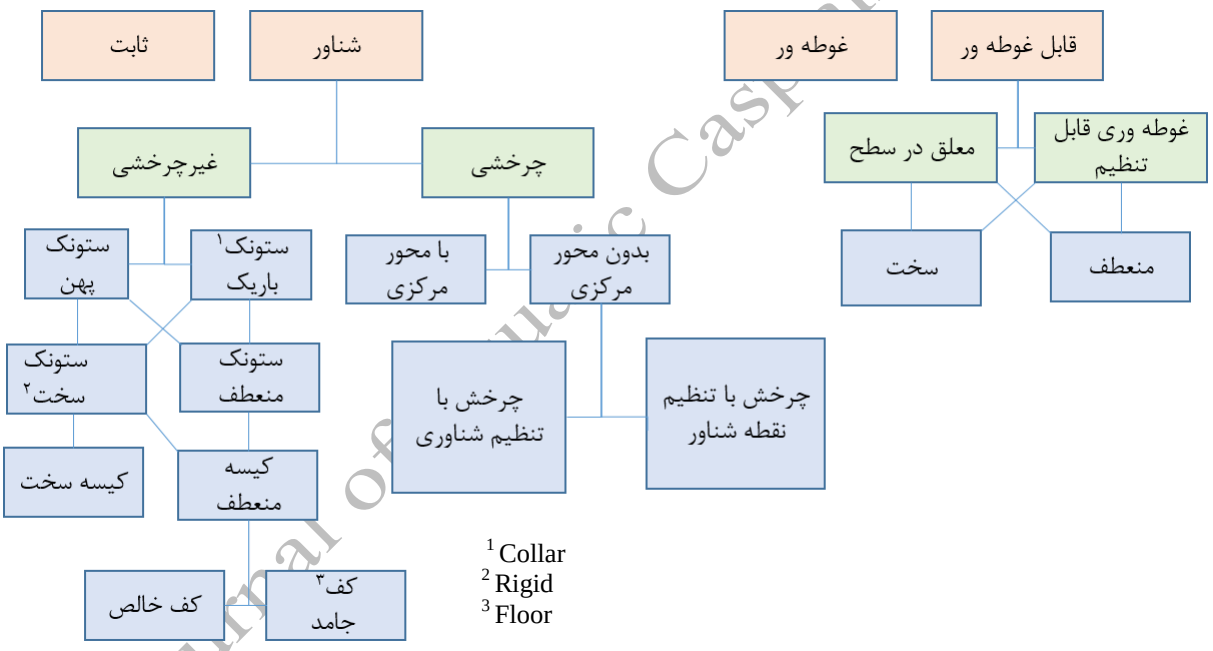
در سطح جهانی نیز تحقیقات بسیاری با موضوع پرورش آبزیان در قفس انجام شده است.). فرآیند توسعه قفس با توجه به پارامترهای موج و جریان در دریای هند مورد بررسی قرار گرفت (Suresh *et al.*, 2013). ارزیابی شرایط محیطی استقرار قفس‌ها در مطالعه Hasim و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد. شروع فعالیت‌های بهره برداری از قفس در کشور ایران حدوداً مقارن با توسعه تجاری این صنعت در جهان بوده است. دریانبرد و همکاران (۱۳۹۵)، اثر پارامترهای محیطی در انتخاب سایت جهت استقرار قفس را مورد بررسی قرار دادند. با توجه به اهمیت طراحی سازه های مقاوم در برابر پدیده های جوی، تحقیقات همچنان در این زمینه در حال انجام است (Ma &Song, 2013; Grue, 2014).

مواردی که در طراحی قفس باید مورد توجه قرار گیرند عبارتند از؛ ۱) بررسی سرعت باد و تعیین گلباد در منطقه مورد نظر، ۲) بررسی طوفان‌های سهمگین و مسیرهای حرکت آنها با تعیین دوره بازگشت، ۳) بررسی امواج و حداکثر طول موج - بلندترین امواج و زمان تناوبی از موج که بیشترین صدمه را به سازه وارد می‌نماید ۴) ارتفاع موج که با سرعت باد متناسب است، ۵) انرژی موج که با مربع ارتفاع موج افزایش می‌یابد ۶) بررسی جریان‌های دریایی به‌طوریکه جریان‌های ملایم (کمتر از یک گره دریایی) با تبادل خوب آب و تامین اکسیژن و خارج نمودن مواد زائد متابولیسمی و اثر مثبت بر آبزیان داشته ولی جریان‌های بیش از حد (بیش از دو گره دریایی) بر روی ساختمان قفس و رفتار آبزیان اثر منفی خواهد داشت (فارابی، ۱۳۹۳). در نهایت جانمایی قفس‌ها با توجه به جهت باد و جهت جریان‌های دریایی طراحی می‌گردد. در این مقاله پس از ارائه یک

دسته بندی کاربردی، عملکرد هر یک از انواع را در شرایط محیطی بررسی خواهیم کرد. در نهایت اصول طراحی چند نمونه از قفس با توجه به پارامترهای جوی مانند نیروی باد، جریان و امواج بیان خواهد شد.

انتخاب قفس

تنوع زیادی در اندازه و طرحهای قفس دیده می شود. قفس‌ها تطابق پذیری زیادی دارند و می‌توان با توجه به شرایط مختلف محیطی قفس‌های مناسب ساخت. بطورکلی چهار نوع اصلی قفس وجود دارد : ثابت، شناور، قابل غوطه وری و غوطه ور که در شکل ۱ دسته بندی کاملی از هر یک ارائه شده است. قفس‌های ثابت[1] مناسب برای مکانهای آبی است که عمق آنها کمتر از ۵ متر می‌باشد. قفس‌های شناور[2] مناسب برای مکانهایی است که عمق آنها بیشتر از ۵ متر می‌باشد. قفس‌های قابل غوطه-ور[3] که برای محیط های دریایی باز و مواج مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای اقیانوس ها و مناطقی با ارتفاع امواج بلند (حداکثر ۱۰ متر) از قفس‌های غوطه ور[4] بهره گرفته می‌شود (ایزدی، ۱۳۹۵).



شکل ۱- طبقه بندی انواع سازه‌های قفس

[1] Fix

[2] Floating

[3] Submersible

[4] Submerged

Journal of Caspian Sea (J.A.C.S)

در قفس‌های شناور سطحی بدون پایه انعطاف پذیر، قابلیت مقاومت در برابر امواج بلند دریا و جریانات بالای آب دریا وجود ندارد و ریسک خسارت به آنها در اثر امواج بلند بسیار بالا می‌باشد. عملکرد قفس‌های دارای پایه‌های انعطاف پذیر (ویژگی بارز آنها تسمه‌های قائم مهار سازی است) در محیط‌هایی با فچ ۲۰۰۰ کیلومتر واقع در دریای مدیترانه و در بدترین شرایط دریایی باز به تأیید رسیده است. شرکت REFA این نوع از قفس‌ها را برای منطق با امواج بلند نظیر منطقه نوشهر پیشنهاد نموده است. قفس‌های پلی اتیلن با مقاومت در برابر امواج ۶ متری در سواحل استان بوشهر قابل استفاده است. مناسب ترین قفس جهت استقرار در سواحل شرقی اطراف چابهار انواع قفس‌های با پایه کششی غوطه ور هستند. در مناطقی مانند بندر جاسک که در سواحل دریای عمان واقع شده اند، بدلیل وقوع بادهای موسمی نیاز است تا از قفس‌هایی مقاوم به شرایط نامساعد امواج و در مکان هایی با عمق بیشتر از ۳۰ متر استفاده شود. با توجه به وسعت خطوط ساحلی در دریای مازندران، قفس‌های نزدیک به ساحل باید در مقابل امواج حداکثر ۱۰متری مقاوم باشند. بررسی ها نشان دادند که در صورت استقرار قفس‌ها در مناطق دور از ساحل، ظرفیت تولید افزایش قابل توجهی خواهد داشت.

ملاحظات طراحی قفس

طرح قفس زمانی بهینه است که نقطه نظرات مهندسی و اقتصادی بکار رفته در آن، نیازهای گونه های پرورشی و پرورش دهنده را برطرف کند. انواع ساختارهای قابل پیاده سازی شامل قفس‌های سطحی (شناور)[۵]، قفس‌های با قابلیت شناوری[۶] و قفس‌های غوطه‌ور[۷] می‌باشند که هر یک با توجه به سیستم مورینگ، اندازه و قابلیت ارتجاعی و تور متفاوت خواهند بود. قفس‌های با قابلیت غوطه‌وری در کوتاه مدت دارای برتری هایی هستند که فاکتورهای ریسک را کاهش خواهند داد. ساختمان قفس (شامل فریم اصلی، فریم بالایی و فریم پایینی، تورهای قفس، سیستم مهار، لنگرها، طناب‌ها، زنجیرها، بویه‌ها، تقسیم کننده و سیستم مکش ضایعات غذا و آبزیان)، باید ضمن تأمین امنیت آبزیان نیروهای باد و امواج را نیز تحمل نماید. از دیدگاه پرورش دهنده، قفس باید ایمن و بی خطر باشد و براحتی مدیریت شود و همه این موارد هم بایستی با کمترین هزینه انجام شود. در این راستا فاکتورهای محیطی اثر قابل توجهی در میزان کارائی و بهره وری این روش خواهند داشت که بطور خلاصه در جدول ۱ بیان شده است و به منظور محاسبه نیرو و گشتاور وارده بر سازه قفس مورد نیاز است. با شناسایی پارامترهای مرتبط با شرایط محیطی، می‌توان سازه قفس را در مقابل شرایط نامساعد جوی مقاوم سازی کرد.

[5] Surface Cage

[6] Submersible Cage

[7] Submerged Cage

جدول ۱- معرفی پارامترهای مورد نیاز در طراحی سازه قفس

پارامتر طراحی	کاربرد
ارتفاع مؤثر موج ($H_s/\overline{H}_{1/3}$)	به منظور تعیین مقدار میانگین یک سوم بلندترین ارتفاع موج می باشد.
حرکت موج	جهت تعیین مسیر حرکت امواج است که در سطح آب بصورت بیضوی و در عمق آب بصورت دایروی می باشد.
تخمین موج	به منظور شناسایی رفتار موج با استفاده از مشخصات آماری باد می باشد.
دوره بازگشت سرعت باد	به منظور تعیین احتمال وقوع یک سرعت باد مشخص در سال است. ساختار سازه باید به‌گونه‌ای باشد که نیروی ناشی از باد در دوره زمانی بازگشت را تحمل کند.
الگوی موج	به منظور تعیین بلندترین ارتفاع امواج برای طراحی مقاوم سازه های شناور است.

با استفاده از پارامترهای معرفی شده در جدول ۱، می‌توان مقدار نیروی وارده بر سازه را محاسبه نمود (Agustsson, 2004).

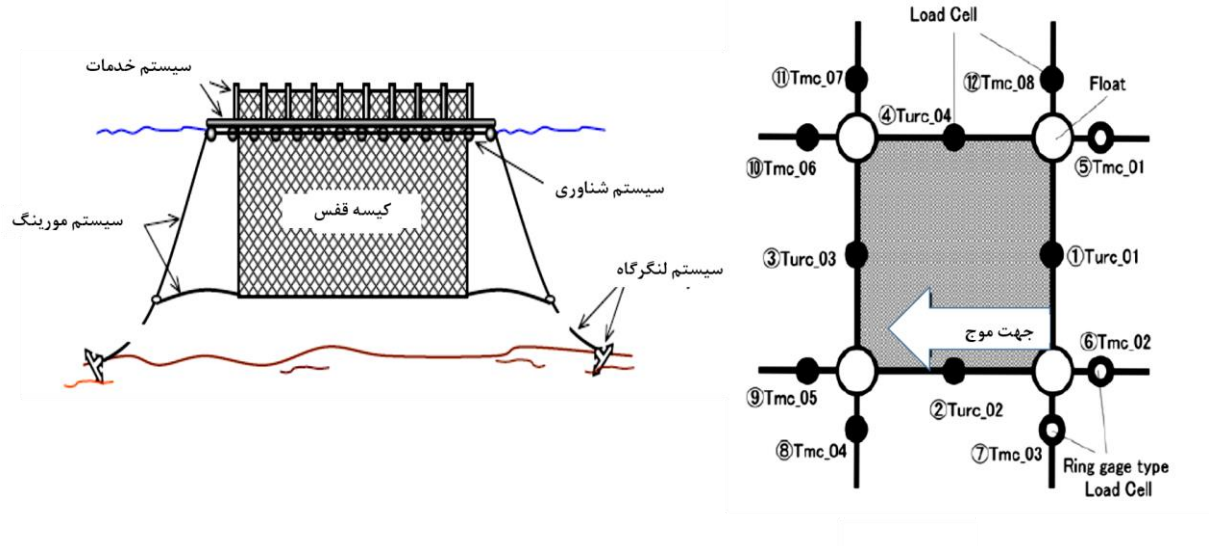
بررسی اثرات نیروی ناشی از امواج، باد و جریان

به منظور بررسی اثرات نیروی ناشی از امواج، باد و جریان نیاز است تا مؤلفه های اصلی یک سازه قفس و وضعیت نیروهای اعمالی در نظر گرفته شوند (شکل ۲). سیستم شناوری باعث نگهداری قفس در یک سطح قابل قبول می‌شود. فراهم کردن غذادهی، مانیتورینگ و پاکیزه سازی قفس، بر عهده سیستم خدمات است. سیستم مورینگ نقش نگاهداری شکل قفس را با توجه به جهت و عمق بر عهده دارد. همچنین اتصال قفس را سیستم لنگرگاه برقرار می‌کند. این سیستم باید به اندازه کافی مستحکم باشد تا از سازه در برابر نیروهای جریان، باد و امواج محافظت کند. در نهایت به منظور حفظ قفس در بستر دریا از لنگرگاه استفاده می‌شود. طراحی سازه باید با در نظر گرفتن بارهای استاتیک و دینامیک انجام شود. بارهای استاتیک عمودی هستند و توسط اثر گرانش با واکنش در قفس شناور ایجاد می شوند. این امر به محدوده و تراکم تور، وزن اجزای قاب، وزن طناب و بادبانها، وزن بالستیک و نیروی شناوری بستگی دارد. بارهای دینامیکی که عمدتا به صورت افقی هستند و از طریق جریان، باد و امواج با واکنش در مهار و لنگر قفس ایجاد می‌شود و به مواد مورد استفاده، شکل پانل توری[8]، اندازه چشمه، سرعت جاری و تراکم آب مرتبط است. برای محاسبه بارهای استاتیک در قفس، لازم است تا رابطه بین وزن قفس با اجزای آن مانند نیروی نسلی و ظرفیت شناور مانند نیروی صعود محاسبه شود. وزن (بدون در نظر گرفتن سیستم مورینگ) باید در سه

[8] Net Panel

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)

حالت محاسبه شود که عبارتند از: قفس خالص در هوا، قفس خالص در آب و قفس سنگین شده در آب[9]. با استفاده از اطلاعات محاسبه شده در مورد وزن، اکنون می توان نیروی شناوری را بدست آورد.



شکل ۲- مولفه‌های اصلی یک سازه قفس و نمایش نقاط اندازه گیری در بالای طناب مورینگ

نیروهای باد، جریان و امواج در قسمت های مختلف سازه اثر می‌گذارند و باعث تغییر شکل قفس خواهند شد. رابطه ۱ عوامل مؤثر بر نیروی باد را نشان می‌دهد که با مجذور سرعت باد و مساحت ناحیه‌ای که در مقابل باد قرار دارد، متناسب است(Alfredo, 2003). نیروهای باد عمدتا در بالای قفس عمل می‌کنند و اثر این نیرو تقریبا ۴۰ برابر کمتر از اثر جریان است. این امر به دلیل چگالی هوا و سطح مقطع است که در قیاس با نیروهای جریان بسیار کمتر می‌باشد.

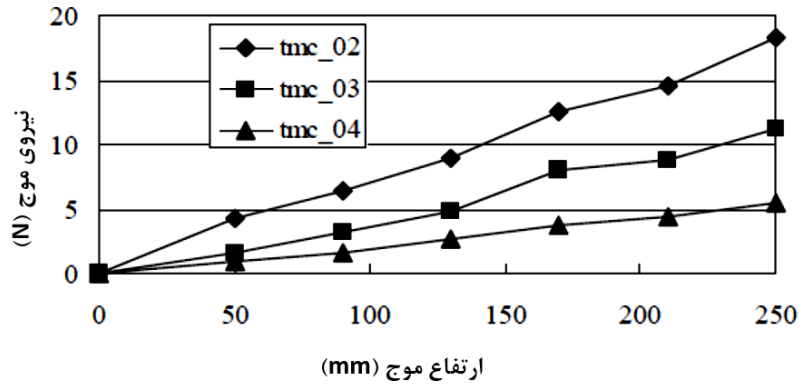
$$L_w = 0.0965 \cdot A \cdot V^2 \qquad (۱)$$

نیروهای امواج در ناحیه حلقه عمل می‌کنند. برای محاسبه این نیروها باید سرعت های دوار افقی و عمودی ذرات آب شناسایی شوند. پارامترهای مورد نیاز شامل تناوب امواج، ارتفاع امواج و عمق آب در سایت می‌باشند. رابطه (۲) مقدار نیروی امواج وارده بر ستونک ها را بیان می‌کند (Alfredo, 2003). پارامتر k_d به جنس و شکل ستونک بستگی دارد. ρ چگالی جرمی آب دریا است. پارامتر μ مؤلفه افقی سرعت دوار امواج آب است. در نهایت A سطح مقطع ستونک قفس است که عمود بر موج قرار

[9] Foul cage

دارد. شکل ۳ تغییرات نیروی موج بر حسب ارتفاع موج را نشان می‌دهد. خطوط مورینگ برای نقاط مشخص شده tmc_02, tmc_03,tmc_04 در شکل ۳، اندازه گیری شده است.

$$L_{sw} = K_d \cdot \rho \cdot \mu^2 \cdot A \quad (۲)$$



شکل۳- ارتباط بین نیروی موج، خطوط مورینگ و ارتفاع امواج به ازاء تناوب موج 1.4 s

جدول ۲ مقادیر نوعی نیروی جریان در قسمت های مختلف سازه را به ازای سرعت باد معادل ۱۵۰km/s بیان می‌کند (سایر پارامترها مطابق Alfredo (۲۰۰۳) تنظیم شده‌اند). همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش سرعت جریانات آب، مقدار نیرو در پانل توری از ۳۰۲۸ kgf به ۵۳۸۴kgf افزایش داشته است. همچنین نتایج نشان می‌دهند که کمترین اثر نیروی جریان بر قسمت طناب‌های افقی است.

جدول۲- نیروهای جریان وارده بر قسمت های مختلف قفس (Alfredo, 2003)

قفس سنگین شده (سرعت جریان ۱ متر بر ثانیه)، نیرو (kgf)		قفس سنگین شده (سرعت جریان ۰/۷۵ متر بر ثانیه)، نیرو (kgf)		قفس خالص(سرعت جریان ۰/۷۵ متر بر ثانیه)، نیرو (kgf)	
۵۳۸۴	پانل توری	۳۰۲۸	پانل توری	۱۴۶۰	پانل توری
۲۷۴	لوله شناور	۱۵۴	لوله شناور	۱۲۸	لوله شناور
۲۷۴	لوله بالستیک	۱۵۴	لوله بالستیک	۱۲۸	لوله بالستیک
۴۳	طناب‌های افقی	۲۴	طناب‌های افقی	۲۰	طناب‌های افقی
۶۶	طناب‌های عمودی	۳۷	طناب‌های عمودی	۳۱	طناب‌های عمودی
۵۲	حلقه ها (زنجیرها)	۳۰	حلقه ها (زنجیرها)	۲۵	حلقه ها (زنجیرها)
۶۰۹۳	کل نیرو	۳۴۲۷	کل نیرو	۱۷۹۲	کل نیرو

Journal of Aquatic Caspian (C.S)

یافته ترویجی

شناسایی پارامترهای محیطی مرتبط با منطقه جغرافیایی در طراحی و استقرار قفس‌ها، نقش بسزایی در کارائی و افزایش بهره‌وری پرورش آبزیان در قفس خواهد داشت. طبق این مطالعه، نیروی جریان ها عمدتا روی کیسه قفس و طناب‌های نگاهدارنده در زیر آب رخ می‌دهند. جریان آب در تور یا پانل شبکه، باری را ایجاد می‌کند که به ستونک و سیستم مورینگ منتقل می‌شود. مقدار بار به سرعت جریان، چگالی آب و تور (جنس، شکل و اندازه) بستگی دارد.

منابع

آذری، ع. ح.، ۱۳۷۴. بررسی مقایسه ای امکان پرورش آزادماهیان در قفس‌های شناور آب های لب شور و شیرین. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.۱۱۳ ص.

ایزدی، ع.، قمی، م. و حقیقی، س.، ۱۳۹۵. فرصت‌های سرمایه گذاری در آبزی پروری پرورش ماهیان دریایی در قفس. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج‌کشاورزی، معاونت ترویج. ۲۵ ص.

دریانبرد، غ. و غرا، ک.، ۱۳۹۶. جانمایی مکان های مناسب برای استقرار قفس‌های پرورش ماهیان در آب‌های ایرانی دریای خزر. مجله علمی‌شیلات ایران، ۲۶: (۳):۱۵۹-۱۶۹.

فارابی، م.،۱۳۹۳. مطالعه جامع اکوسیستم منطقه جنوبی دریای خزر با هدف استقرار قفس و توسعه آبزی پروری دریائی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج‌کشاورزی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۳۸۰ص.

Agustsson, G., 2004. Design considerations and loads on open ocean fish cages south of Iceland. Master thesis, University of Iceland, 72p.

Alfredo, E.V. and Olivares, V., 2003. Design of a cage culture system for farming in Mexico. Instituto Tecnologico Del Mar En Mazatlán, 47p.

Grue, I.H., 2014. Loads on the gravity-net-cage from wave and current. Mater thesis, Norwegian University of Science and Technology, 123p.

Hasim, H., Koniyo, Y. and Kasim, F., 2017. Suitable location map of floating net cage for environmentally friendly fish farming development with Geographic Information. Systems applications in Lake Limboto, Gorontalo (AACL Bio flux), 10(20): 254-264.

MA, J. and Song, W., 2013. Experimental study on the wave force on the floating rope cage in flume. Net Hydrodynamics, 9: 115-127.

Suresh, K.M.. and Imelda, J., 2013. Design, development and construction of open sea floating cage device for breeding and farming marine fish in Indian waters. Indian Journal of Fish, 60(1): 61-65.

Criteria for selection and design of cage structures adapted to the environment

Kamyar gharra

Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agriculture Research Education and Extension Organization, Iran, Tehran

Kamyar.gharra75@gmail.com

Abstract

The use of cage structures due to the advantages of increasing production capacity with the size of the sea, the ability to self-purify in marine environments, water ventilation, lack of oxygenation, reduction of depreciation costs, repair and maintenance and the use of natural environment has provided good conditions for aquaculture. The performance and production of cage-based structures depend on a variety of factors, such as the type of design, size and material used in structures, environmental diversity including relatively protected and closed locations, open or exposed areas, and types The cage includes floating and immersed cages. Therefore, the necessity of designing the structure in accordance with the environment is of special importance and the present article, in line with the above objectives, examines the considerations of choosing and designing cage structures. The goal is to determine the parameters such as effective wave height, wind velocity, wave motion and wave pattern, cage, in accordance with the climatic conditions of each region. It is also possible to predict the amount of force on the structure caused by the abovementioned factors. Therefore, by identifying undesirable consequences and choosing the type and method of deployment of the cage structure in accordance with the region conditions, destructive effects can be minimized and a significant improvement in the performance of cage structures. The results of the research showed that the force generated by the flow of waves in comparison to other factors predominates and plays a decisive role in the design of the cage.

Keywords: Aquaculture, Cage design, wind, wave, current force

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)