

## بررسی ویژگی‌ها و کاربری شناورهای مختلف در ساخت سازه‌های توده سنگی در دریا

مجتبی قنبریان<sup>۱\*</sup>، علیرضا سلطان‌کوهی<sup>۲</sup>

۱- مهندس عمران، ۲- دکترای سازه‌های دریایی

(دریافت: ۹۷/۰۳/۱۵، پذیرش: ۹۷/۰۵/۲۰)

### چکیده

ساخت سازه‌های مختلف در دریا با توجه به شرایط و محدودیت‌های محیط دریایی، از صعوبت خاصی در مقایسه با ساخت سازه‌ها در خشکی برخوردار است؛ و به همین جهت نیازمند امکانات و تجهیزات مخصوص به خود می‌باشد. سازه‌های توده‌سنگی نیز از انواع سازه‌هایی هستند که در دریا و برای مقاصد مختلف احداث می‌شوند؛ و در صورتی که ساخت آن‌ها از خشکی میسر نباشد، استفاده از شناورهای مختلف برای احداث آن‌ها اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. انتخاب صحیح شناور یا شناورهای مورد نیاز برای احداث یک سازه توده‌سنگی در دریا به مواردی نیاز دارد نظیر ویژگی‌های عملیاتی شناورها، نیازهای اجرایی سازه مورد نظر برای ساخت و ملاحظات مؤثر در هزینه به‌کارگیری شناور؛ و عدم توجه به این موارد ممکن است باعث بروز مشکلات و نتایج نامطلوب در روند اجرای پروژه و همچنین تحمیل هزینه‌های بیشتر به آن گردد. با توجه به تخصصی و محدود بودن برخی از شناورهای مورد استفاده برای ساخت این سازه‌ها و عدم وجود منابع کافی در این خصوص، در این مقاله سعی بر این است که با تحقیقاتی که در مورد این شناورها صورت گرفته است ضمن معرفی آن‌ها، الگوی مناسب جهت به‌کارگیری و کاربری پیشنهادی برای هریک از این شناورها در ساخت انواع سازه‌های توده‌سنگی در دریا ارائه گردد.

**کلیدواژه‌ها:** بارج مسطح، بارج شکافتی، بارج تخلیه از کنار، بارج جرثقیل‌دار، شناور لوله آبخاری، جک آپ بارج، سازه‌های توده سنگی دریایی

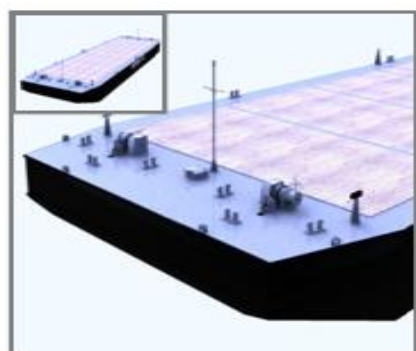
### ۱. مقدمه

از کنار<sup>۱</sup>، بارج‌های جرثقیل‌دار<sup>۲</sup>، جک‌آپ بارج<sup>۳</sup> و شناورهای لوله آبخاری<sup>۴</sup> از مهم‌ترین آن‌ها می‌باشند [۱-۲]. شناخت ویژگی‌ها و مشخصات هریک از این شناورها و کاربری آن‌ها نقش مهمی در انتخاب صحیح شناور مورد نظر و موفقیت در اجرای بهینه پروژه دارد. در این مقاله سعی بر این است ضمن معرفی اجمالی این شناورها، با استفاده از تجربیات حاصل از به‌کارگیری پنج نوع نخست از این شناورها در پروژه‌های گروه تخصصی نوح<sup>۵</sup> و تحقیقات و پژوهش‌های صورت‌گرفته در خصوص سایر شناورها و سازه‌های دریایی سنگی، ویژگی‌های عملیاتی و کاربری آن‌ها با توجه به نیازهای اجرایی سازه‌های مختلف و همچنین ملاحظات مؤثر در هزینه به‌کارگیری هریک از انواع شناورها، مورد بررسی

سازه‌های توده سنگی برای اهداف مختلفی در دریا مورد استفاده قرار می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به حفاظت از بستر محل اجرای سازه‌ها، پوشاندن خطوط لوله دریایی، احداث جزایر مصنوعی، اجرای موج‌شکن‌ها، استحصال زمین و بسترسازی زیر اسکله‌ها اشاره کرد. به‌کارگیری شناورها در ساخت این سازه‌ها، در مواردی تنها روش ممکن برای اجرای آن‌ها و در سازه‌هایی مانند سه مورد اخیر با توجه به شرایط پروژه به‌عنوان یک گزینه برای ساخت آن‌ها مطرح می‌باشد. این شناورها دارای انواع مختلفی می‌باشند که بارج‌های مسطح<sup>۱</sup>، بارج‌های شکافتی<sup>۲</sup>، بارج‌های تخلیه

3- Side unloading barges  
4- Crane barges  
5- Jack up barge  
6- Fall-pipe vessels

\* رایانامه نویسنده پاسخگو: mojabaghbarian@yahoo.com  
1- Flat barges  
2- Split barges



(ب)



(ج)

شکل (۱). نمایش بارج مسطح و شبکه‌بندی داخلی آن (الف)، تجهیزات مهاربندی بارج مسطح (ب) و حفاظ‌های نصب‌شده روی بارج (ج)



شکل (۲). رمپ نصب‌شده روی بارج مسطح

جدول (۱): ظرفیت و ابعاد بارج‌های مسطح (به صورت نمونه)

ظرفیت باربری (تن)	طول (متر)	عرض (متر)	ارتفاع (متر)	آبخور (متر)
۲۵۰	۲۵	۹	۲/۲	-
۳۰۰	۳۰	۹	۲/۵	-
۵۰۰	۳۶/۵۷	۱۲/۱۹	۲/۴	۲/۰۶
۸۰۰	۴۵/۷۲	۱۵/۲۴	۳/۰۴	۲/۴۳
۲۰۰۰	۵۶/۴۵	۱۴/۵	۴/۱۶	۳/۳
۴۰۰۰	۷۶/۲	۲۱/۳۴	۴/۲۷	-
۵۰۰۰	۱۰۰	۳۰	۴/۲	-
۴۰۰۰۰	۲۲۰	۵۰	۸	-

قرار گیرد و در پایان جمع‌بندی و الگویی به صورت یک جدول راهنما در خصوص استفاده از این شناورها در ساخت سازه‌های توده سنگی در دریا ارائه گردد.

## ۲. معرفی شناورها

در این بخش انواع شناورهای مورد اشاره به لحاظ قسمت‌ها و اجزای تشکیل‌دهنده، سامانه عملکرد، ظرفیت و ابعاد و اندازه‌های شناور، امکانات و تجهیزات ناوبری، ابعاد و اندازه مصالح سنگی قابل حمل و استقرار (یا تخلیه) به وسیله آنها و همچنین برخورداری از نیروی محرکه یا جابه‌جایی به وسیله یدک‌کش، مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ و علاوه بر این، به سایر شناورهایی که کاربرد کمتری در این خصوص دارند نیز اشاره می‌شود.

### ۱-۲. بارج‌های مسطح

بارج‌های مسطح متداول‌ترین نوع از شناورهای مورد استفاده برای اجرای پروژه‌های دریایی از جمله احداث سازه‌های توده سنگی می‌باشند. این بارج‌ها دارای عرشه مسطح، بدنه ساده و شبکه‌بندی داخلی هستند و ظرفیت معمول آنها تا ۸۰۰۰ تن می‌باشد (شکل ۱-الف). البته در مواردی از بارج‌های مسطح با ظرفیت‌های تا ۴۰۰۰۰ تن نیز استفاده می‌شود. بنابراین، استفاده از این نوع شناور برای حمل و جابه‌جایی مقادیر زیادی از مصالح سنگی گزینه مناسبی می‌باشد.

بارج‌های مسطح عموماً بدون موتور و فاقد تجهیزات پیشرفته ناوبری و سامانه‌های موقعیت‌یابی می‌باشند و برای جابه‌جایی آنها از یدک‌کش استفاده می‌شود. البته این شناورها دارای تجهیزات مهاربندی نظیر وینچ‌ها و بولاردها می‌باشند (شکل ۱-ب) و ممکن است بر حسب نیاز به حفاظ‌های دور تا دور شکل (۱-ج) و یا رمپ مورد استفاده برای ارتباط با خشکی (جهت بارگیری و تخلیه شناور) نیز مجهز شوند (شکل ۲).

این شناورها در ظرفیت‌ها و ابعاد مختلفی طراحی و ساخته می‌شوند. در جدول (۱) نمونه‌ای از ابعاد و اندازه‌های مربوط به این نوع شناور در ظرفیت‌های مختلف ارائه شده است [۲].

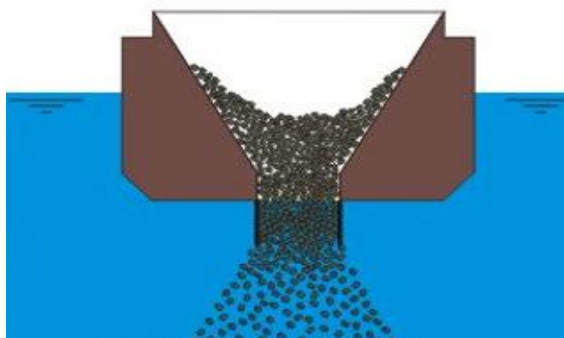


(الف)

موسوم می‌باشند و در شکل (۴) نشان داده شده است، نیز در اجرای سازه‌های توده سنگی در دریا مورد استفاده قرار می‌گیرد که ویژگی‌های آن عمدتاً مشابه اسپلیت بارج‌ها می‌باشد [۲].

**جدول (۲).** ظرفیت و ابعاد اسپلیت بارج‌ها (به صورت نمونه)

ظرفیت (مترمکعب)	طول (متر)	عرض (متر)	ارتفاع (متر)
۲۸۰	۳۵	۷/۵۰	۲/۸۹
۳۰۰	۳۶	۸/۰۲	۲/۸۰
۳۵۰	۴۴	۷/۵۰	۲/۵۶
۵۰۰	۵۹/۰۱	۹/۵۰	۳/۲۴
۱۰۰۰	۶۰/۳۰	۱۱/۳۰	۳/۹۳



شکل (۴). بارج ته دردار

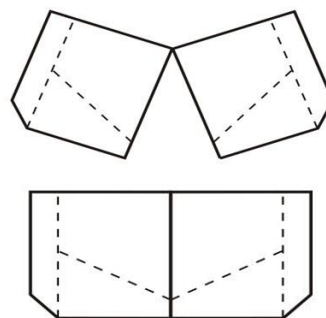
### ۳-۲. بارج‌های تخلیه از کنار

عرشه این نوع شناور همان‌طور که در شکل (۵) - الف و ب) نشان داده شده، از قسمت‌های مجزایی تشکیل شده است که امکان بارگیری و جانمایی مصالح سنگی در اندازه‌های مختلف را به‌طور تفکیک‌شده از هم در روی عرشه شناور فراهم می‌کند. ظرفیت معمول این شناورها بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ تن می‌باشد و تخلیه مصالح از آن‌ها با فشار صفحه‌های رانشی از وسط عرشه به سمت دو طرف آن صورت می‌گیرد؛ به‌طوری که، این صفحه‌های رانشی در اثر اعمال فشار توسط جک‌های تعبیه‌شده به‌تدریج از وسط عرشه به سمت طرفین حرکت کرده و مصالح را به‌صورت کنترل‌شده از طرفین شناور مطابق شکل (۵) - ج) تخلیه می‌نمایند. البته از روش‌های دیگری مانند لرزش سطح عرشه و یا به‌کارگیری زنجیر نیز می‌توان برای تخلیه مصالح سنگی استفاده کرد. بارج‌های تخلیه از کنار غالباً موتوردار و دارای تجهیزات ناوبری و سامانه‌های موقعیت‌یابی دقیق می‌باشند. در شکل (۵) - ب) ابعاد مختلف یک نمونه از بارج‌های تخلیه از کنار (شامل طول، عرض و طول قسمت بار شناور) نشان داده شده است [۱-۲].

### ۲-۲. بارج‌های شکافتی

این شناورها همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، دارای مخزنی با مقطع شبیه به قیف هستند، که مصالح سنگی در داخل این مخزن بارگیری می‌شود. بارج‌های شکافتی در راستای طولی دارای دو قسمت می‌باشند که این دو قسمت هنگام بارگیری و حمل مصالح به یکدیگر متصل هستند و هنگام تخلیه مصالح از زیر شناور و به‌وسیله جک‌های تعبیه‌شده در شناور از یکدیگر جدا می‌شوند و به این ترتیب مصالح سنگی از طریق شکاف یا همان دریچه باز شده در زیر شناور تخلیه می‌شود [۲].

ظرفیت اسپلیت بارج‌ها به‌طور معمول تا ۲۰۰۰ تن می‌باشد و استفاده از آن‌ها مناسب‌ترین گزینه برای حمل مصالح ریزدانه (مغزه) و اجرای لایه هسته موج‌شکن از طریق دریا و یا بسترسازی زیر اسکله‌ها می‌باشد. البته با توجه به تخلیه مصالح از زیر این شناورها و در نظر گرفتن آب‌خور آن‌ها (که وابسته به ظرفیت شناور می‌باشد) محل تخلیه مصالح باید به اندازه کافی عمیق باشد؛ بنابراین، اجرای لایه هسته با استفاده از اسپلیت بارج‌ها تا حدود ۳ متری زیر تراز آب امکان‌پذیر می‌باشد [۳-۴]. اسپلیت بارج‌ها دارای انواع موتوردار و بدون موتور می‌باشند و معمولاً به لحاظ تجهیزات ناوبری و سامانه‌های موقعیت‌یابی مجهزتر از بارج‌های مسطح می‌باشند. این شناورها نیز در ظرفیت‌ها و ابعاد مختلفی طراحی و ساخته می‌شوند. در جدول (۲) نمونه‌ای از ابعاد و اندازه‌های مربوط به این نوع شناور در ظرفیت‌های مختلف ارائه شده است.



شکل (۳). بارج‌های شکافتی

لازم به ذکر است نوع دیگری از شناورها که به بارج‌های ته‌دردار

از بارج‌های جرثقیل‌دار ممکن است صرفاً برای استقرار مصالح استفاده شود؛ به طوری که این شناور در محل اجرای پروژه مستقر و مهاربندی شده باشد و شناورهای دیگر نظیر بارج‌های مسطح و وظیفه حمل و جابه‌جایی مصالح سنگی را به عهده داشته باشند. در این حالت بارج حامل مصالح کنار بارج جرثقیل‌دار پهلو گرفته و آن‌گاه عملیات تخلیه و جانمایی مصالح سنگی توسط بارج جرثقیل‌دار صورت می‌پذیرد. البته در مواردی از بارج جرثقیل‌دار برای حمل و جابه‌جایی مصالح نیز استفاده می‌شود. بارج‌های جرثقیل‌دار در ظرفیت‌ها و ابعاد مختلفی طراحی و ساخته می‌شوند، که در این خصوص رعایت تناسب ظرفیت جرثقیل با ابعاد شناور ضروری می‌باشد. در جدول (۳) ابعاد چند نمونه از این شناورها بر حسب ظرفیت جرثقیل نصب‌شده روی آن‌ها ارائه شده است [۲].

جدول (۳). مشخصات بارج‌های جرثقیل‌دار (کربن بارج)

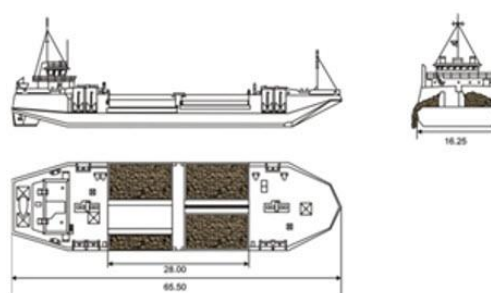
ابعاد بارج				ظرفیت جرثقیل (تن)
طول (متر)	عرض (متر)	ارتفاع (متر)	آبخور (متر)	
۲۵	۱۰/۲	-	۱/۷۵	۳۲
۴۰	۱۵/۲۵	۳	۱/۸	۷۵
۴۱/۷	۱۴/۳۸	۳/۳	-	۹۰
۳۹/۳۸	۱۷	۳	۲/۵	۱۲۰
۴۸/۰۲	۲۰	۳/۸	۳/۲	۱۵۰
۵۳	۲۲	۴	-	۱۶۰
۶۰	۲۴	۴	-	۲۰۰
۷۸	۳۰	۴/۸	-	۱۰۰۰
۸۵	۴۲	۷	-	۲۰۰۰

## ۵-۲. شناورهای لوله آبشاری

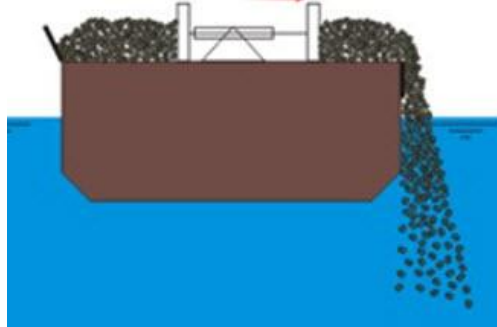
این شناور دارای یک لوله انعطاف‌پذیر است که تا چند متری بستر دریا فرو برده می‌شود و از آن برای هدایت و استقرار دقیق مصالح سنگی در محل مورد نظر استفاده می‌شود (شکل ۷-الف). مصالح سنگی بارگیری شده در این شناور از طریق تسمه نقاله و یا به وسیله بیل مکانیکی وارد قیف و سپس لوله شده و نهایتاً در محل مورد نظر مستقر می‌شود. همزمان با انتقال مصالح سنگی از طریق لوله و استقرار آن در محل مورد نظر، شناور نیز با سرعت ثابت و مشخصی در راستای تعیین شده حرکت می‌کند و به این ترتیب پوشش سنگی مورد نظر ایجاد می‌گردد. این شناورها موتوردار هستند و در مقایسه با سایر شناورهای فوق‌الذکر دارای تجهیزات ناوبری و سامانه‌های موقعیت‌یابی پیشرفته‌تری می‌باشند (شکل ۷-ب). یکی از عمده‌ترین کاربردهای این شناور اجرای پوشش سنگی برای حفاظت از خطوط لوله زیرآبی می‌باشد [۶ و ۱].



(۵-الف)



(۵-ب)



(۵-ج)

شکل (۵). الف- نمونه‌ای از یک بارج تخلیه از کنار، ب: بارج تخلیه از کنار در نماهای مختلف، ج- نحوه تخلیه مصالح (چپ)

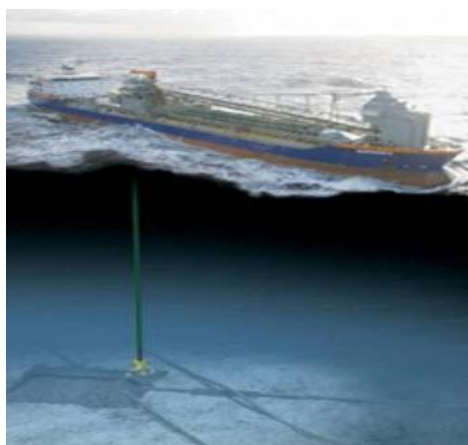
## ۴-۲. بارج‌های جرثقیل‌دار

این نوع شناور همان‌طور که در شکل (۶) مشاهده می‌شود و از عنوان آن مشخص می‌باشد متشکل از یک بارج و یک جرثقیل نصب (یا مستقر) شده روی آن است، که ظرفیت معمول آن تا حدود ۱۰۰۰ تن می‌باشد.

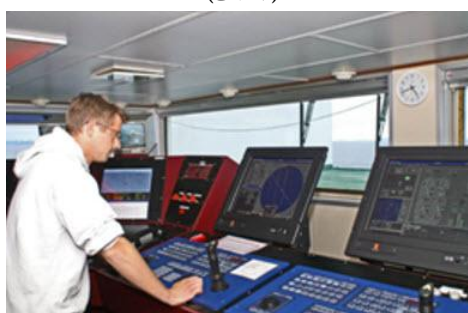


شکل (۶). نمونه‌ای از یک بارج جرثقیل‌دار

و یا باد بر عملیات اجرایی و افزایش دقت در انجام کار می‌شود. در واقع نقش جک آپ بارج تامین یک سکوی کار ثابت و مناسب برای اجرای عملیات دریایی است، که تحت تأثیر امواج قرار نمی‌گیرد. جک آپ بارج‌ها به لحاظ ابعاد و اندازه، تعداد پایه‌ها (بین ۳ تا ۸)، نوع پایه‌ها و مکانیزم حرکتی پایه‌ها، موتوردار و یا بدون موتور بودن آن‌ها و ... دارای انواع مختلفی می‌باشند. برای اجرای سازه‌های توده سنگی از دریا در صورت نیاز به دقت‌های بالا در جانمایی مصالح جک آپ می‌توان با استقرار جرثقیل و یا بیل مکانیکی روی جک آپ بارج و تثبیت آن در محل مورد نظر نسبت به انجام این عملیات اقدام نمود (شکل ۸)، [۵ و ۲].



(۷- الف)



(۷- ب)



(۸- الف)



(۸- ب)



(۷- ج)

شکل (۸). الف- جک آپ بارج چهار پایه و استقرار جرثقیل روی آن برای انجام عملیات دریایی با دقت بالا، ب- جک آپ بارج سه پایه و بیل مکانیکی نصب شده روی آن

شکل (۷). الف- نمایی از یک شناور لوله آبخاری، ب- تجهیزات ناوبری و موقعیت‌یابی مورد استفاده در شناور لوله آبخاری، ج- نحوه بارگیری مصالح روی قیف جهت انتقال به داخل لوله

## ۷-۲. سایر شناورها

علاوه بر شناورهایی که تاکنون مورد اشاره و بررسی مختصر قرار گرفت از انواع شناورهای دیگر نیز می‌توان در اجرای سازه‌های توده سنگی در دریا استفاده کرد به‌عنوان مثال در بعضی مراجع استفاده از بارج‌های کج‌شونده مورد اشاره قرار گرفته است [۷]. لازم به ذکر است در مواردی می‌توان شناورهای موجود را بسته به شرایط پروژه و کاربری‌های مورد نظر به تجهیزات و ماشین‌آلات مختلف مجهز نمود و یا حتی شناورهایی با مشخصات مورد نظر ساخت.

## ۶-۲. جک آپ بارج

جک آپ بارج یکی دیگر از انواع شناورها است که در اجرای پروژه‌های مختلف دریایی به‌خصوص احداث سازه‌هایی که نیازمند دقت بالایی در حین کار هستند، کاربرد دارد. جک آپ بارج‌ها دارای پایه‌هایی هستند که روی بستر دریا قرار می‌گیرند و شناور را به‌صورتی در موقعیت مورد نظر تثبیت می‌کنند، که موجب حذف و یا به حداقل رساندن اثر شرایط محیطی مانند موج، جریان‌های آبی

### ۳. ویژگی‌های عملیاتی شناورها و نیازهای اجرایی سازه‌های مختلف

شناورهایی که در بخش دو معرفی شد، دارای ویژگی‌های عملیاتی متفاوتی می‌باشند. علاوه بر این هر یک از انواع سازه‌های توده سنگی نیز که در دریا احداث می‌شوند، نیازهای اجرایی خاص خود را دارند. شناخت کافی نسبت به این دو موضوع لازم است انتخاب صحیح و بهینه شناور یا شناورهای مورد نیاز برای اجرای این سازه‌ها می‌باشد، که در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### ۳-۱. ویژگی‌های عملیاتی شناورهای مختلف

مهم‌ترین ویژگی‌های عملیاتی شناورها شامل سرعت استقرار (یا تخلیه) مصالح، دقت در جانمایی مصالح، محدودیت‌های عملیاتی و محدودیت‌های مربوط به ابعاد و اندازه سنگ می‌باشد، که در ذیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### الف) سرعت و دقت در استقرار (یا تخلیه) مصالح

**بارج‌های مسطح:** برای تخلیه مصالح سنگی از روی بارج‌های مسطح و استقرار و جانمایی مصالح در محل مورد نظر، می‌توان از ماشین‌آلاتی نظیر بیل مکانیکی و یا لودر که روی این شناورها مستقر هستند استفاده نمود؛ به این ترتیب میزان دقت و کنترل در عملیات تخلیه و استقرار مصالح سنگی از روی این شناورها نسبتاً بالا ولی سرعت و راندمان این عملیات پایین می‌باشد. باید توجه داشت که ظرفیت بیل و یا لودر مورد استفاده روی بارج با اندازه مصالح سنگی مورد نظر تناسب داشته باشد، تا امکان جابه‌جایی و تخلیه مصالح و افزایش راندمان استقرار مصالح فراهم گردد. همچنین با توجه به شرایط کاری ماشین‌آلات فوق‌الذکر در روی بارج و عدم دسترسی به خشکی، باید از ماشین‌آلات سالم و نو که احتمال خرابی و بروز مشکل برای آن‌ها بسیار کم می‌باشد، استفاده نمود و البته تدابیر لازم را برای حفاظت از این ماشین‌آلات در برابر نمک موجود در محیط‌های دریایی که در معرض امواج نیز قرار دارند، در نظر گرفت [۱-۲].

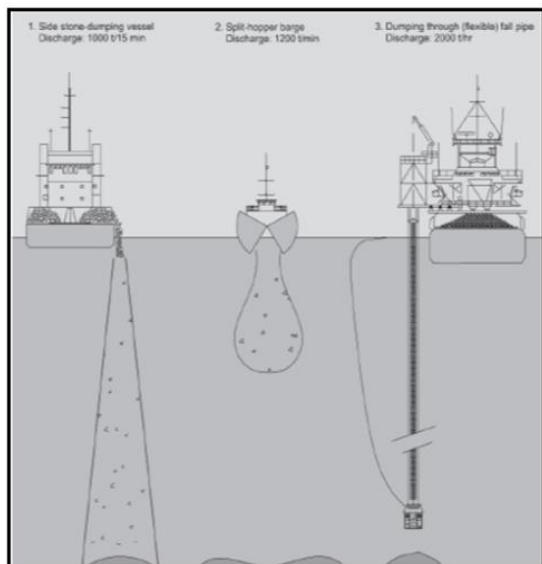
**بارج‌های شکافتی:** تخلیه مصالح از بارج‌های شکافتی در زمان کوتاهی (حدود ۱۲۰۰ تن در دقیقه) انجام می‌شود، اما باید توجه داشت که نحوه تخلیه مصالح به وسیله اسپلینت بارج‌ها را نمی‌توان به طور دقیق کنترل نمود [۱].

**بارج‌های تخلیه از کنار:** زمان مورد نیاز برای تخلیه مصالح سنگی از یک بارج تخلیه از کنار به ظرفیت ۱۰۰۰ تن در حدود ۱۵ دقیقه می‌باشد؛ و با توجه به قابلیت این نوع شناور در تخلیه کنترل‌شده مصالح، دقت آن در جانمایی مصالح سنگی نیز نسبتاً بالا می‌باشد؛ شکل (۹)، [۱].

**بارج‌های جراثقیل‌دار:** استقرار مصالح سنگی به وسیله بارج جراثقیل‌دار با دقت و کنترل بالا قابل اجرا می‌باشد، ولی در عوض راندمان و سرعت عملیات استقرار مصالح به وسیله آن پایین است.

**شناورهای لوله‌آبشاری:** استقرار مصالح سنگی به وسیله شناورهای لوله‌آبشاری با دقت بسیار بالا و سرعتی در حدود ۲۰۰۰ تن در ساعت انجام می‌شود [۱].

**جک‌آب بارج:** در این نوع شناور نیز دقت استقرار مصالح سنگی بسیار بالا و راندمان انجام این عملیات پایین می‌باشد.



(۹- الف)



(۹- ب)

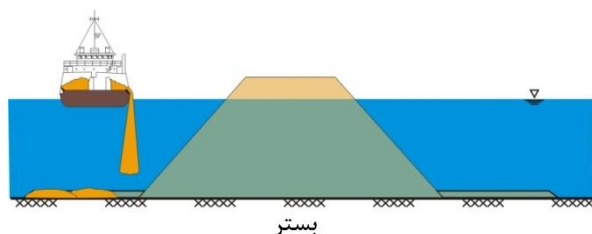
شکل (۹). نحوه تخلیه مصالح از شناورهای مختلف

#### ب) محدودیت‌های عملیاتی و محدودیت‌های مربوط به ابعاد و اندازه سنگ

محدودیتی که برخی شناورهای معرفی شده نظیر بارج‌های تخلیه از کنار، بارج‌های شکافتی و بارج‌های مسطح با آن مواجه هستند دشوار بودن امکان استقرار و جانمایی مصالح سنگی با دقت مورد نظر در اعماق زیاد می‌باشد. این محدودیت به خصوص در شرایطی که جریان‌های شدید زیرآبی در محل تخلیه مصالح سنگی وجود داشته باشد، موجب جداشدگی دانه‌های سنگی و همچنین جابه‌جایی مقطع عرضی ایجادشده در بستر نسبت به محل تخلیه در سطح آب خواهد شد شکل (۱۰).

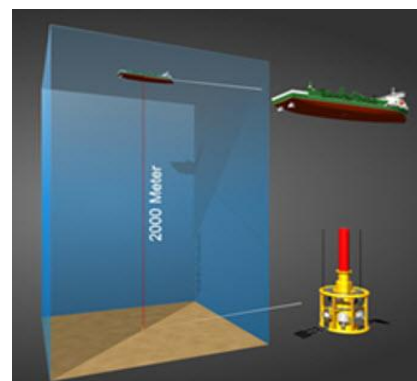
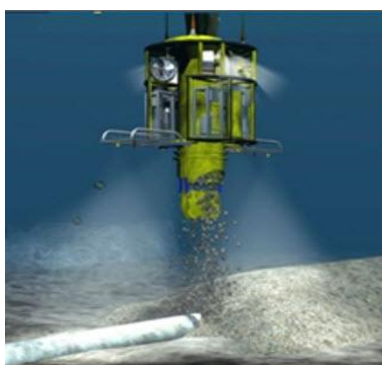
نکته دیگری که باید به آن توجه داشت میزان پراکندگی مصالح سنگی تخلیه شده از شناور می‌باشد. این مورد در تعیین نقاط مختلف قرارگیری شناور برای تخلیه مصالح و ایجاد هم‌پوشانی مورد نظر برای اجرای سازه توده سنگی حائز اهمیت می‌باشد. بر اساس مطالعات و آزمایشات انجام شده در پروژه‌های واقع در کشور هلند میزان (عرض) پراکندگی سنگ‌های تخلیه شده (y) از یک شناور تخلیه از کنار مطابق با رابطه (۲) و به‌عنوان تابعی از عمق آب (h) در محل تخلیه قابل محاسبه می‌باشد شکل (۱۱). در این رابطه، a برای سنگ‌های استخراج شده از معدن برابر با ۱/۹ و برای سنگ‌های گردگوشه برابر با ۲/۱ است (مقادیر مذکور تقریبی است). البته میزان پراکندگی به شیب بستر و ویژگی‌های آن نیز بستگی دارد.

$$y = a\sqrt{h} \quad (2)$$



شکل (۱۱). اجرای لایه مترس موج شکن به وسیله بارج تخلیه از کنار اهمیت میزان پراکندگی مصالح، تعیین نقاط قرارگیری شناور و ایجاد هم‌پوشانی بین آنها

سنگی (D100) نباید بیش از یک سوم قطر داخلی لوله باشد. برای نقشه برداری و برداشت وضعیت بستر قبل و بعد از عملیات استقرار مصالح می‌توان تجهیزات نقشه برداری و یا تصویربرداری را که مجهز به سامانه کنترل از راه دور می‌باشند، در انتهای لوله تخلیه مصالح نصب نمود (شکل‌های ۱۳-۱۲)، [۲-۱].

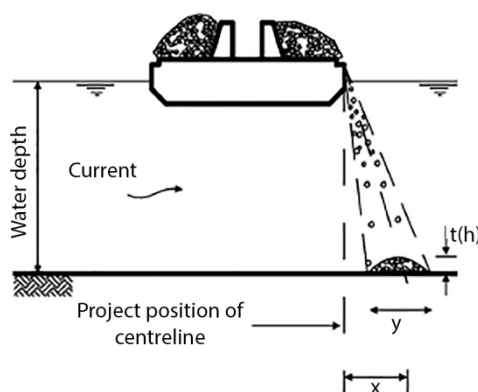


شکل (۱۲). نمایش عمق عملیاتی شناور لوله‌آبشاری و استفاده از آن جهت پوشش روی خطوط لوله [۸]

این جابه‌جایی قطعات مجزای سنگ و طبعاً جابه‌جایی مرکز مقطع عرضی دامپ شده (X) علاوه بر عمق آب و سرعت جریان به سرعت سقوط سنگ در آب نیز وابسته می‌باشد. با فرض U(m/s) برای سرعت جریان و h(m) عمق آب و Δ(-) دانسیته شناوری نسبی، یک قطعه سنگ با قطر Dn(m) در اثر اعمال این نیروها جابه‌جایی برابر x(m) خواهد داشت که با استفاده از معادله (۱) این جابه‌جایی به صورت تقریبی محاسبه می‌شود. در این رابطه C ضریب وابسته به موقعیت شناور است.

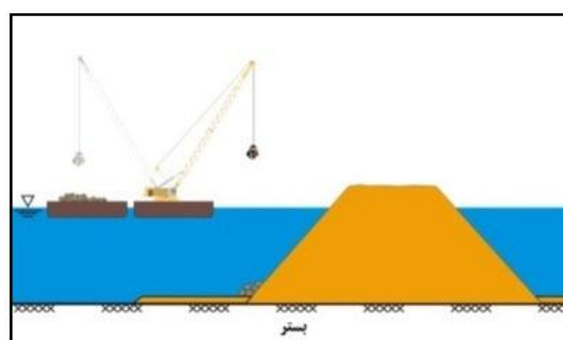
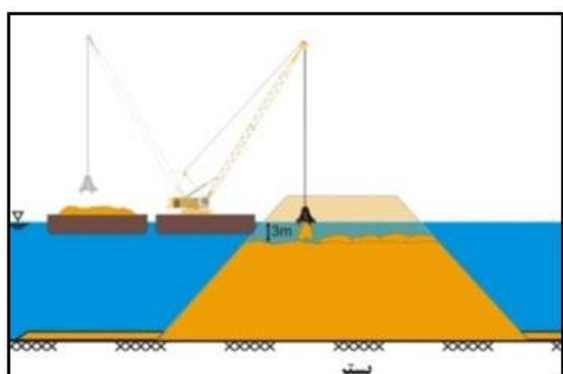
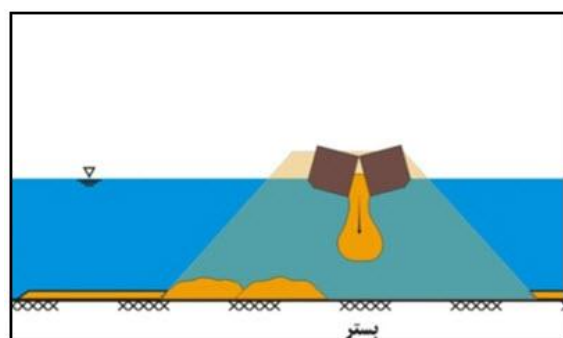
جابه‌جایی مقطع عرضی بایستی در تعیین دقیق محل جانمایی شناور برای تخلیه مصالح سنگی مورد توجه قرارگیرد [۱].

$$x = C \frac{hU}{\sqrt{g\Delta D_n}} \quad (1)$$



شکل (۱۰). اثر جریان بر جابه‌جایی مقطع عرضی مصالح تخلیه شده

محدودیت‌های اشاره شده در مورد عمق و وجود جریان‌های زیر آبی در مورد شناورهای لوله‌آبشاری موضوعیت ندارد و اجرای سازه‌های توده سنگی با دقت بالا و در اعماق زیاد (تا بیش از ۲۰۰۰ متر) به وسیله آنها امکان پذیر است. البته قطر مصالح سنگی قابل جانمایی و استقرار به وسیله این شناورها به قطر لوله بستگی دارد؛ به طوری که معمولاً بزرگ‌ترین قطر دانه‌ها در مصالح



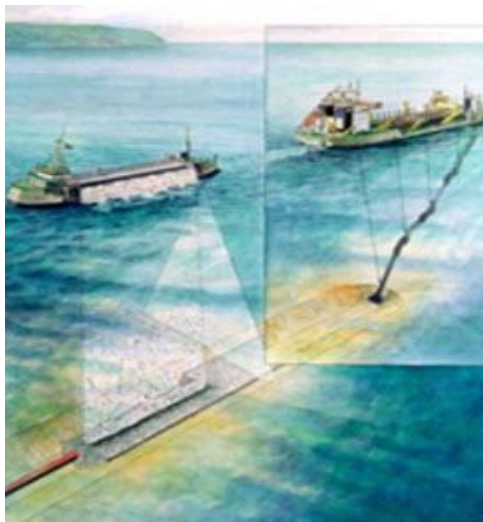
شکل (۱۴). استقرار مصالح مغزه موج شکن از بستر تا عمق ۳ متری به وسیله اسپلیت بارج و اجرای الباقی مقطع به وسیله بارج جرثقیل دار [۲]

از بارج های مسطح می توان برای حمل و استقرار مصالح سنگی با اندازه های مختلف (مغزه، فیلتر و آرمور) استفاده کرد، ولی معمولاً استفاده از این شناور مناسب ترین گزینه برای حمل آرمور می باشد.

در خصوص به کارگیری جک آپ بارج ها نیز باید به ارتفاع پایه های آن و محدودیت استفاده از آن در آب های عمیق توجه داشت به طوری که، ارتفاع پایه های آن متناسب با عمق آب در محل اجرای پروژه باشد. به همین دلیل جک آپ بارج ها بیشتر در مناطق کم عمق ساحلی مورد استفاده قرار می گیرند [۵].

ارتفاع امواج دریا در محل اجرا، از دیگر عواملی است که محدودیت هایی را برای به کارگیری شناورهای مختلف در پی دارد؛ این محدودیت ها که در جدول (۴) ارائه شده است به دقت مورد نیاز در اجرا (تخلیه یا استقرار) و ظرفیت شناور بستگی دارد.

از دیگر محدودیت های عملیاتی و محدودیت های مربوط به ابعاد و اندازه سنگ می توان به محدودیت باز شدن دریچه اسپلیت بارج ها و عدم امکان استفاده از آن ها برای حمل و تخلیه مصالح سنگی درشت دانه نظیر آرمور اشاره کرد. علاوه بر این با توجه به تخلیه مصالح سنگی از زیر این شناور، نمی توان مصالح سنگی را در تراز بالاتر از ۳ متر از سطح دریا (با توجه به آبخور شناور) تخلیه و جانمایی نمود (شکل ۱۴).



شکل (۱۳). استفاده از شناور لوله آبخوری برای حفاظت پای سکو و به کارگیری بارج تخلیه از کنار برای حفاظت پایه سکو و پوشش روی خطوط لوله [۹ و ۱۰]



جدول (۴). محدودیت‌های عملیاتی ناشی از شرایط موج برای شناورهای مختلف [۱]

نوع شناور	ابعاد / ظرفیت	ظرفیت دستگاه الحاقی	محدودیت ارتفاع موج برای تخلیه (dumping)	محدودیت ارتفاع موج برای استقرار مصالح (placing)
بارج جرثقیل دار بزرگ	۶۰×۲۰ متر	جرثقیل ۱۵۰ تن	۰/۸ متر	۰/۶۰ متر
بارج جرثقیل دار کوچک	۴۰×۱۵ متر	جرثقیل ۷۵ تن	۰/۶۵ متر	۰/۵۰ متر
بیل مکانیکی بزرگ مستقر روی بارج	۳۵×۱۲ متر	بیل مکانیکی ۷۰ تن	۰/۶۵ متر	۰/۵۰ متر
بارج تخلیه از کنار	۶۵۰ تن		۱/۲۵ متر	۱ متر
بارج تخلیه از کنار	۱۴۰۰ تن		۱/۵۰ متر	۱/۲۵ متر
اسپلیت بارج	۸۰۰ تن		۱/۵۰ متر	کاربرد ندارد
اسپلیت بارج	۲۰۰۰ تن		۲ متر	کاربرد ندارد
بارج مسطح و لودر مستقر روی آن	۲۰۰۰ تن		۰/۸۰ متر	کاربرد ندارد
بارج لوله آبخاری	۱۲/۵×۵۰ متر		کاربرد ندارد	۰/۶۵ متر
شناور لوله آبخاری	۱۰۰۰۰ تن		کاربرد ندارد	۳/۵۰ متر

### ۳-۲. ویژگی‌های عملیاتی شناورهای مختلف

نیازهای اجرایی سازه مورد نظر برای ساخت از عوامل تعیین کننده در انتخاب و به کارگیری شناور یا شناورهای مورد نیاز می باشد. این نیازهای اجرایی شامل مواردی نظیر: حجم و دانه بندی مصالح سنگی مورد نیاز، عمق محل اجرای سازه و ابعاد و اندازه های آن، رواداری های مجاز و راندمان مورد نیاز برای اجرای سازه می باشد، که در ذیل، مورد بررسی قرار می گیرد.

#### الف) حجم و دانه بندی مصالح سنگی مورد نیاز

حجم مصالح مورد نیاز برای اجرای یک سازه توده سنگی از موارد مؤثر در تعیین نوع شناور و به خصوص ظرفیت آن است. همچنین دانه بندی مصالح مورد نیاز برای اجرای سازه نیز از عوامل تعیین کننده در انتخاب نوع شناور می باشد. در مواردی با توجه به تنوع دانه بندی مصالح سنگی، استفاده از دو یا چند نوع شناور مختلف اجتناب ناپذیر است. به عنوان مثال برای احداث یک موج شکن توده سنگی با لایه های مختلف سنگی شامل مغزه (۱ تا ۱۰۰ کیلوگرم)، فیلتر (۱۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم) و آرمور (بیش از ۲۰۰۰ کیلوگرم)، می توان لایه مغزه را که شامل حجم زیادی مصالح سنگی ریزدانه می باشد، از بستر تا تراز ۳ متر از سطح دریا (با توجه به آخور شناور) به وسیله بارج شکافتی اجرا نمود؛ و برای اجرای لایه مغزه در بالای تراز ۳ و همچنین استقرار قطعات آرمور که نیازمند دقت بیشتری می باشد و امکان استفاده از بارج شکافتی برای استقرار آن فراهم نمی باشد (به دلیل محدودیت باز شدن دریچه این شناور و گیر کردن مصالح درشت دانه در آن) از بارج جرثقیل دار استفاده کرد (شکل ۱۴)، [۲].

### ب) عمق محل اجرای سازه و ابعاد و اندازه های آن

عمق محل اجرای سازه و ابعاد و اندازه های آن از دیگر عوامل مؤثر در انتخاب شناور مورد نظر می باشد. به عنوان مثال برای پوشش روی خطوط لوله دریایی که با ابعاد محدود و در اعماق بیش از ۳۰ متر اجرا می شود، استفاده از اغلب شناورها نظیر بارج های تخلیه از کنار، بارج های مسطح و بارج های شکافتی باعث پراکندگی و اتلاف مصالح سنگی می شود. به کارگیری بارج جرثقیل دار و یا جک آپ بارج نیز محدودیت های عملیاتی نظیر کاهش راندمان یا کوتاه بودن طول بازوی بیل را در پی دارد. بنابراین، استفاده از شناور لوله آبخاری مناسب ترین گزینه برای اجرای چنین پروژه های می باشد [۸ و ۱].

### ج) رواداری های مجاز برای اجرای سازه

انتخاب شناور مناسب به رواداری های مجاز تعیین شده برای اجرای سازه نیز بستگی دارد به طوری که، هرچه رواداری های مجاز تعیین شده محدودتر باشد، شناورهای با دقت بالاتر در جانمایی مصالح سنگی مورد نیاز می باشد. یکی از عوامل مؤثر در تعیین میزان رواداری های مجاز سازه های توده سنگی، دانه بندی مصالح سنگی مصرفی می باشد. در مرجع [۵] رواداری عمودی قابل اعمال برای جانمایی مصالح سنگی به وسیله شناور تخلیه از کنار و بارج جرثقیل دار بر اساس دانه بندی مصالح سنگی و نحوه استقرار مصالح (توده ای یا دانه ای) به صورت جدول (۵) ارائه شده است [۱].

جدول (۵). رواداری عمودی قابل اعمال برای جانمایی مصالح سنگی به وسیله تجهیزات دریایی

شناور تخلیه از کنار - بارج جرثقیل دار Side stone-dumping vessel and crane barge		دانه بندی (Grading)
استقرار توده ای (Bulk)	استقرار دانه ای یا تکی (Individual)	
+/- ۰/۳۰ m	کاربردی ندارد	قلوه سنگ درشت (Coarse)
+/- ۱ D <sub>n50</sub>	کاربردی ندارد	سنگ لاشه سبک (Light)
+/- ۱ D <sub>n50</sub> کاربردی ندارد	+/- ۰/۸ D <sub>n50</sub> +/- ۰/۸ D <sub>n50</sub>	سنگ لاشه سنگین (Heavy) ۳۰۰ - ۱۰۰۰ kg > ۱۰۰۰ kg

ماشین‌آلات جانبی نمی‌باشد (شکل ۱۶- الف و ج)، [۳-۱].



(الف)



(ب)



(ج)

**شکل (۱۵).** الف- امکان ورود کامیون‌های حامل مصالح سنگی روی بارج مسطح از طریق رمپ ارتباط با خشکی، ب- اسکله موقت اجرا شده و ماشین‌آلات مورد نیاز برای بارگیری مصالح سنگی در بارج شکافتی، ج- حمل و جابه‌جایی بارج مسطح به‌وسیله یدک‌کش.

## ۴. ملاحظات مؤثر در هزینه به‌کارگیری شناورهای

### مختلف

برای انتخاب صحیح و بهینه هر یک از شناورهای معرفی شده باید ملاحظات مختلفی را که در هزینه به‌کارگیری این شناورها مؤثر هستند در نظر داشت. این ملاحظات در ذیل مورد اشاره و بررسی قرار می‌گیرند.

### ۴-۱. میزان تخصصی بودن، فراوانی و در دسترس بودن

هرچه شناور مورد نظر تخصصی‌تر باشد، میزان فراوانی و در دسترس بودن آن کم‌تر خواهد بود؛ بنابراین، در حالت کلی هزینه‌های مربوط به تهیه و تأمین آن (خرید یا اجاره) و همین‌طور هزینه‌های مربوط به جابه‌جایی آن تا محل اجرای پروژه بیشتر خواهد بود. به‌عنوان مثال بارج‌های مسطح دارای کاربردهای عمومی و وسیعی در حوزه اجرای پروژه‌های دریایی هستند و از فراوانی زیادی در مناطق مختلف ساحلی برخوردارند، به‌طوری‌که، عمدتاً تهیه و تأمین آن‌ها از فواصل نزدیک و با هزینه‌های مناسب امکان‌پذیر می‌باشد؛ در حالی‌که شناورهای لوله‌آبشاری از شناورهای تخصصی محسوب می‌شوند، که تعداد آن‌ها محدود بوده و تنها در اختیار چند شرکت می‌باشند؛ که این مسئله موجب افزایش هزینه تهیه و تأمین این شناورها می‌گردد، که علاوه بر این، هزینه‌های جابه‌جایی شناور از مبدا تا محل اجرای پروژه را نیز باید به آن افزود.

### ۴-۲. میزان تخصصی بودن، فراوانی و در دسترس بودن

#### بودن

هریک از شناورهای مورد اشاره در فرآیند انجام کار شامل بارگیری، حمل و تخلیه (استقرار) مصالح سنگی نیازمند امکانات و تجهیزات مختلفی می‌باشند، که باید در هزینه به‌کارگیری آنها مد نظر قرار گیرند. به‌عنوان مثال بارج‌های مسطح برای بارگیری مصالح سنگی کمترین نیاز را به سازه‌های پهلوگیری (اسکله) و ماشین‌آلاتی نظیر بیل و لودر دارند، به‌طوری‌که، بعضاً امکان تخلیه مستقیم مصالح به‌وسیله کامیون روی این بارج‌ها (از طریق رمپ تعبیه‌شده در این شناورها برای ارتباط با خشکی) وجود دارد (شکل ۱۵- الف). اما از آن‌جا که این شناورها عموماً فاقد موتور محرکه می‌باشند، حمل و جابه‌جایی آن‌ها نیازمند یدک‌کش می‌باشد (شکل ۱۵- ج). علاوه بر این برای تخلیه مصالح سنگی در محل اجرای سازه وجود لودر یا بیل مکانیکی روی بارج‌های مسطح ضروری است (شکل ۱۶- ب). درمقابل شناورهایی نظیر بارج‌های شکافتی و بارج‌های تخلیه از کنار برای بارگیری مصالح سنگی نیازمند سازه‌های پهلوگیری مناسب و ماشین‌آلاتی نظیر بیل مکانیکی می‌باشند (شکل ۱۵- ب)؛ اما این شناورها عموماً دارای موتور محرکه بوده و برای جابه‌جایی نیازی به یدک‌کش ندارند؛ همچنین برای تخلیه و استقرار مصالح سنگی در محل اجرای سازه به‌وسیله این شناورها نیاز به

جدول (۶). راهنمای به‌کارگیری شناورهای مورد استفاده در اجرای سازه‌های توده‌سنگی در دریا

نوع شناور	ظرفیت متداول	مزایا	معایب	کاربری پیشنهادی	ملاحظات مؤثر در هزینه به‌کارگیری
بارج مسطح به همراه لودر یا بیل مکانیکی مستقر روی آن	تا ۸۰۰۰ تن	در دسترس بودن، دقت نسبی و کنترل در استقرار مصالح سنگی	راندمان پایین استقرار مصالح سنگی	حمل و استقرار مصالح سنگی در اندازه‌گذاری، استفاده به‌عنوان پشتیبان برای بارهای جرثقیل‌دار و جک آپ بارج تعمیر و نگهداری	نیازمندی به یدک‌کش برای جابجایی و لودر و بیل برای تخلیه مصالح و هزینه پایین تعمیر و نگهداری
بارج شکافتی	تا ۲۰۰۰ تن	تخلیه بسیار سریع مصالح (حدود ۱ دقیقه)	عدم امکان استفاده از این نوع شناور برای حمل مصالح درشت‌دانه (آرمور) و عدم کنترل دقیق در تخلیه مصالح	حمل و تخلیه مصالح سنگی ریزدانه (کمتر از یک‌تن) تا تراز ۳ متری زیر سطح آب مانند اجرای مغزه موج‌شکن، بسترسازی زیر اسکله‌ها، استحصال زمین، احداث جزایر مصنوعی و ...	فراوانی نسبتاً کم (هزینه نسبتاً بالای تأمین)، نیازمندی به امکانات و تسهیلات جانبی برای پهلویی‌گیری و بارگیری مصالح سنگی و هزینه‌های تعمیر و نگهداری
بارج تخلیه از کنار	۵۰۰ تا ۱۵۰۰ تن	تخلیه کنترل‌شده مصالح، امکان تفکیک عرشه برای حمل و تخلیه انواع مصالح سنگی با سرعت نسبتاً بالا (در حدود ۱۵ دقیقه)	امکان بروز مشکل برای سیستم‌های تخلیه‌کننده مصالح	حمل و استقرار مصالح سنگی در اندازه‌های مختلف تا حدود دو تن و اجرای لایه‌های سنگی به‌صورت کنترل‌شده مانند لایه مترس و پنجه موج‌شکن، بسترسازی زیر اسکله‌ها، حفاظت پای سکوها، پوشش روی خطوط لوله در مناطق کم‌عمق (تا عمق ۳۰ متر) و ...	فراوانی کم و دسترسی دشوار (هزینه بالای تأمین)، هزینه‌های مربوط به جابجایی تا محل پروژه، نیازمندی به امکانات و تسهیلات جانبی برای پهلویی‌گیری و بارگیری مصالح سنگی و هزینه‌های تعمیر و نگهداری
بارج جرثقیل‌دار	تا ۱۰۰۰ تن	دقت بالا و کنترل در استقرار مصالح سنگی در یک نقطه خاص	راندمان پایین استقرار و تبعیت کامل از شرایط جوی و نیاز به مهاربندی شناور در نقطه مورد نظر	استقرار مصالح سنگی درشت‌دانه مانند اجرای لایه‌های حفاظتی (آرمور) برای موج‌شکن‌ها، جزایر مصنوعی و ... و استقرار مصالح ریزدانه مانند اجرای لایه مغزه موج‌شکن و جزایر مصنوعی (از ۳- به بالا) و همچنین بسترسازی زیر اسکله و حفاظت پایه سکو	نیازمندی به شناورهای پشتیبان (بارج‌های مسطح و یدک‌کش) برای تأمین مصالح سنگی
جک آپ بارج	-	دقت بالا و کنترل در استقرار مصالح سنگی و عدم تبعیت از شرایط جوی و ارتفاع موج	راندمان پایین استقرار مصالح سنگی	در صورت استقرار جرثقیل روی آن تمامی موارد درج‌شده در خانه بالایی و در صورت استقرار بیل مواردی نظیر اجرای لایه فیلتر برای موج‌شکن	فراوانی نسبتاً کم (هزینه نسبتاً بالای تأمین) نیازمندی به شناورهای پشتیبان (بارج‌های مسطح و یدک‌کش) برای تأمین مصالح سنگی
شناور لوله آبشاری	تا ۲۰۰۰۰ تن	دقت بالا در استقرار مصالح سنگی در اعماق زیاد و عدم تأثیرپذیری از جریان‌های زیرآبی	راندمان نسبتاً پایین استقرار مصالح سنگی و محدودیت قطر مصالح سنگی باتوجه به قطر لوله	حمل و استقرار مصالح سنگی جهت پوشش روی خطوط لوله دریایی و حفاظت پایه سکو	فراوانی کم و دسترسی دشوار (هزینه بالای تأمین)، هزینه‌های مربوط به جابجایی تا محل پروژه، نیازمندی به امکانات و تسهیلات جانبی برای پهلویی‌گیری و بارگیری مصالح سنگی و هزینه‌های تعمیر و نگهداری

تذکره ۱: در مورد بارج‌های جرثقیل‌دار و جک آپ بارج که بیل مکانیکی یا جرثقیل روی آن مستقر می‌گردد، ظرفیت مورد اشاره و مد نظر به دستگاه الحاقی به شناور مربوط می‌شود که البته ظرفیت و ابعاد شناور نیز بایستی متناسب با آن باشد.

تذکره ۲: اگرچه بارج‌های جرثقیل‌دار با ظرفیت‌های بالا که در جدول نیز به آن اشاره شده است (تا ۱۰۰۰ تن) موجود می‌باشند و در پروژه‌های دریایی مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند لیکن معمولاً برای اجرای سازه‌های توده‌سنگی در دریا نیازی به بارج‌های جرثقیل‌دار با ظرفیت بیش از ۳۰۰ تن نیست.

برای این سامانه‌ها وجود دارد، به تعمیر و نگهداری بیشتر و مناسب‌تری نیاز دارند که این مسئله هزینه‌های بیشتری را در پی خواهد داشت.

## ۵. نتیجه‌گیری

با توجه به آنچه در خصوص ویژگی‌های عملیاتی شناورها و نیازهای اجرایی سازه‌های مختلف و همچنین ملاحظات مؤثر در هزینه به‌کارگیری هریک از شناورها مورد اشاره قرار گرفت، مجموعه مطالب به‌صورت جمع‌بندی‌شده در قالب جدول (۶) ارائه شده است تا به‌عنوان راهنما و الگویی برای انتخاب و به‌کارگیری بهینه و صحیح شناورهای مورد نیاز برای ساخت سازه‌های توده‌سنگی در دریا مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس می‌توان شناور مناسب به لحاظ ظرفیت و ویژگی‌های عملیاتی مورد نیاز را برای اجرای سازه‌های با نیازهای مشخص انتخاب نمود. در مواردی که حجم مصالح سنگی مورد نیاز برای احداث سازه و تنوع دانه‌بندی مصالح زیاد باشد و یا به عبارت بهتر سازه مورد نظر دارای نیازهای اجرایی وسیع و متنوعی باشد، می‌توان مجموعه‌ای از شناورهای مختلف را به‌صورت ترکیبی و متناسب با این نیازها به‌کار گرفت.

## ۶. مراجع

1. CIRIA, CUR, CETMEF, "The Rock Manual the use of rock in hydraulic engineering," (2nd edition), C683, CIRIA London, 2007.
2. موج‌شکن‌های توده سنگی، جلد چهارم، انتشارات قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء<sup>(ص)</sup>، قرب نوح<sup>(ع)</sup>، (در دست چاپ).
3. نصری‌زاده، روح‌الله، قنبریان، مجتبی، اجرای موج‌شکن‌های سنگی از طریق دریا، ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی سواحل، بندر و سازه‌های دریایی، تهران، ایران، ۱۳۸۳.
4. بسترسازی اسکله ساحلی (پروژه بندر پتروشیمی پارس) مدیریت دانش قرب نوح<sup>(ع)</sup>، قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء<sup>(ص)</sup>، قرب نوح<sup>(ع)</sup>، ۱۳۸۳.
5. آشنایی با دستگاه جک‌آپ بارج (پروژه بندر پتروشیمی پارس)، مدیریت دانش قرب نوح<sup>(ع)</sup>، قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء<sup>(ص)</sup>، قرب نوح<sup>(ع)</sup>، ۱۳۸۳.
6. [www.theartofdredging.com/rockdumping.html](http://www.theartofdredging.com/rockdumping.html)
7. روش اجرای موج‌شکن‌های سنگی از دریا (پروژه بندر پتروشیمی پارس)، مدیریت دانش قرب نوح<sup>(ع)</sup>، قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء<sup>(ص)</sup>، قرب نوح<sup>(ع)</sup>، ۱۳۸۲.
8. [www.deme.be/equipment](http://www.deme.be/equipment)
9. Boskalis international, "Construction of breakwater in Kertin," Malaysia, 2000. <http://www.boskalis.com>.
10. [www.tideway.nl/html/expertise-rockplacement.html](http://www.tideway.nl/html/expertise-rockplacement.html)



(الف)



(ب)



(ج)

شکل (۱۶). الف- تخلیه مصالح سنگی از بارج شکافتی، ب- بارج تخلیه از کنار، ج- بدون نیاز به ماشین‌آلات جانبی و تخلیه مصالح سنگی از بارج مسطح به‌وسیله لودر

## ۳-۴. هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری

هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری از مواردی است که در بهره‌برداری از هر نوع ماشین‌آلات، تجهیزات و همین‌طور هر شناوری بایستی مورد توجه قرار گیرد. اما نکته‌ای که در خصوص هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری شناورهای مختلف معرفی‌شده باید مورد اشاره قرار گیرد آن است که، برخی از این شناورها نظیر بارج‌های تخلیه از کنار یا بارج‌های شکافتی که از سامانه‌های مکانیکی و هیدرولیکی برای تخلیه مصالح برخوردار هستند و امکان بروز مشکل