



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

# اجرای شمع حفاری شده

Bored Piles

ویرایش اسفند 1401



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

شمع حفاری شده

Bored Pile

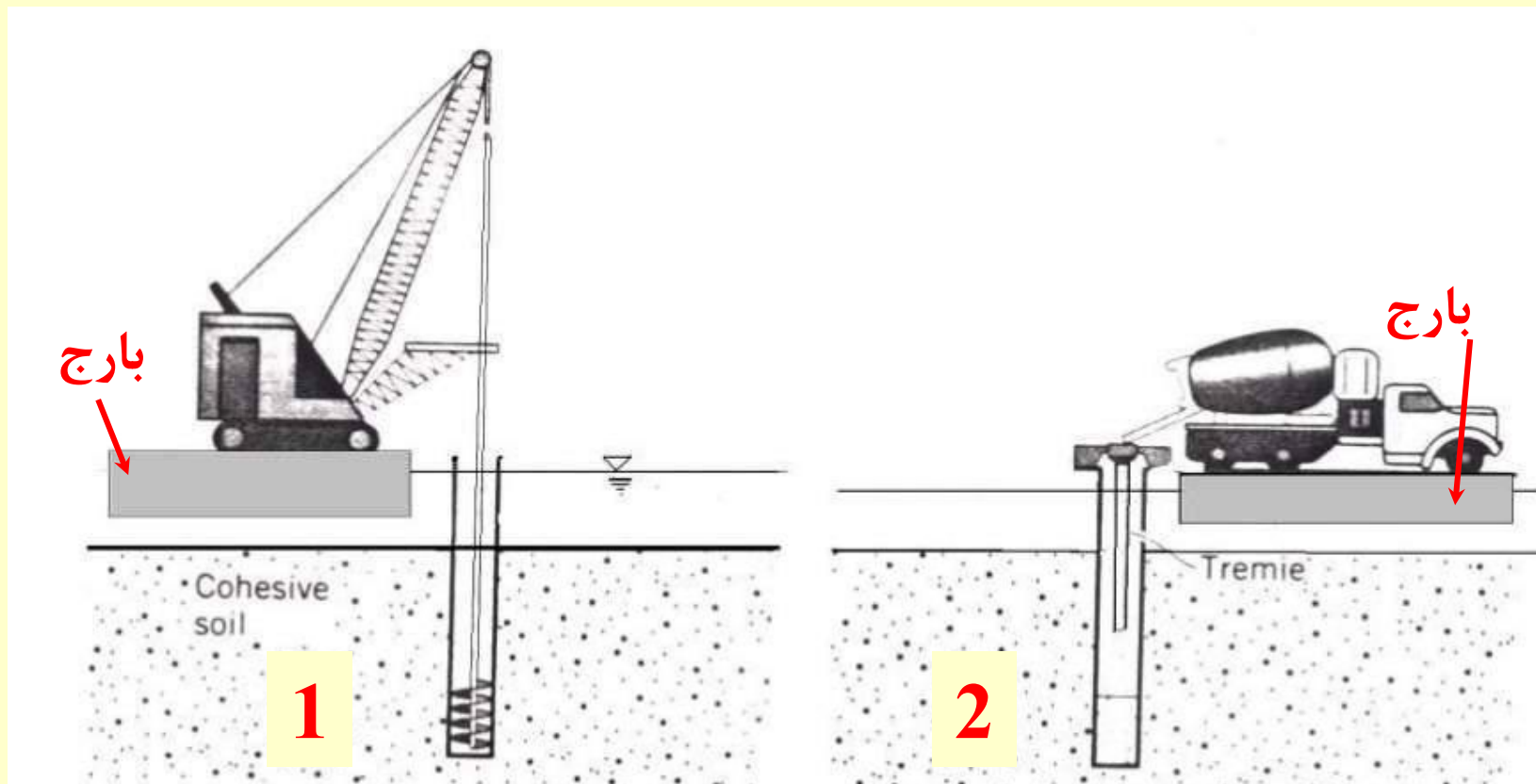
Drilled Pile

شمع حفاری شده از جنس بتن و درجا است  
لذا به آن **شمع بتنی درجا** هم می گویند.



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

# مثالی از اجرای شمع حفاری شده در دریا



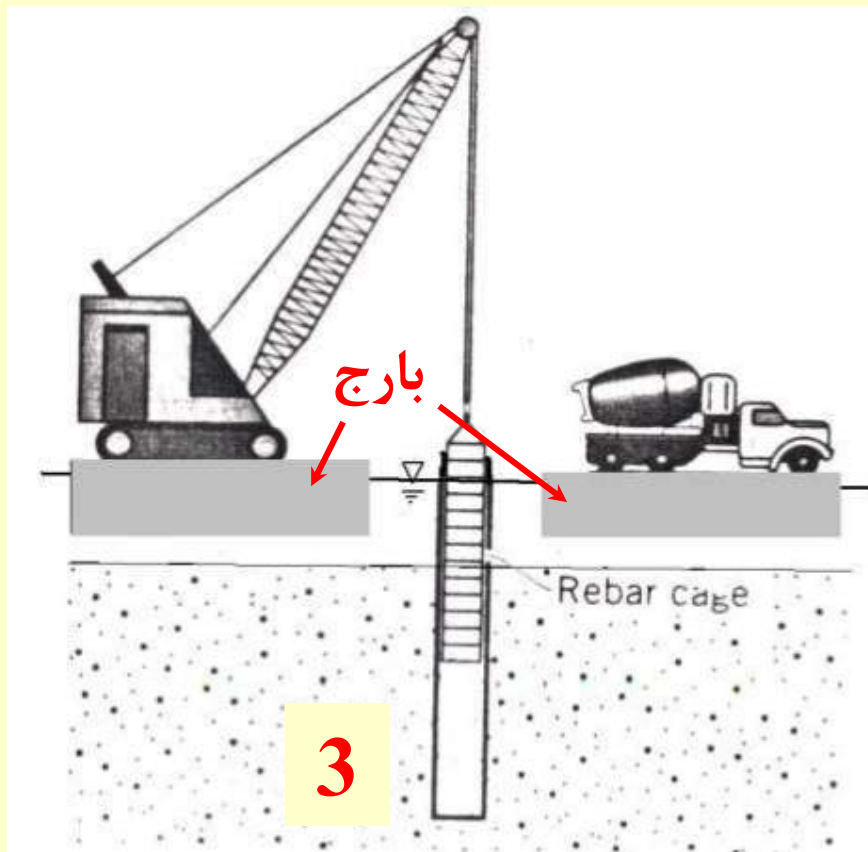
کوبیدن لوله محافظ و حفاری درون آن

بتنریزی بخش غیرمسلح شمع

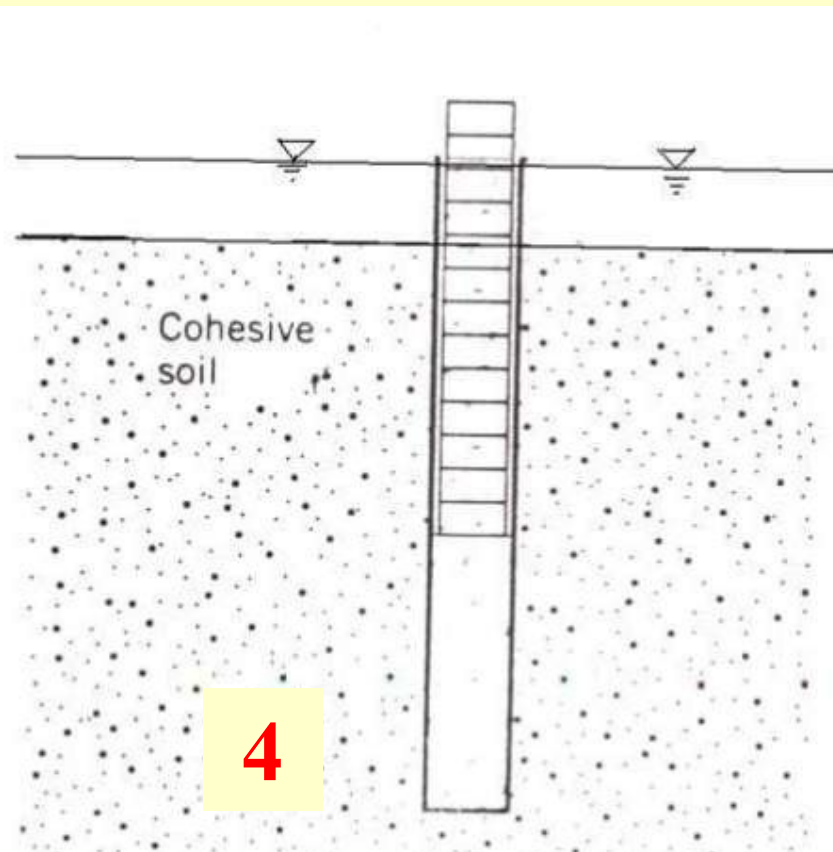


## اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



نصب شبکه میلگرد



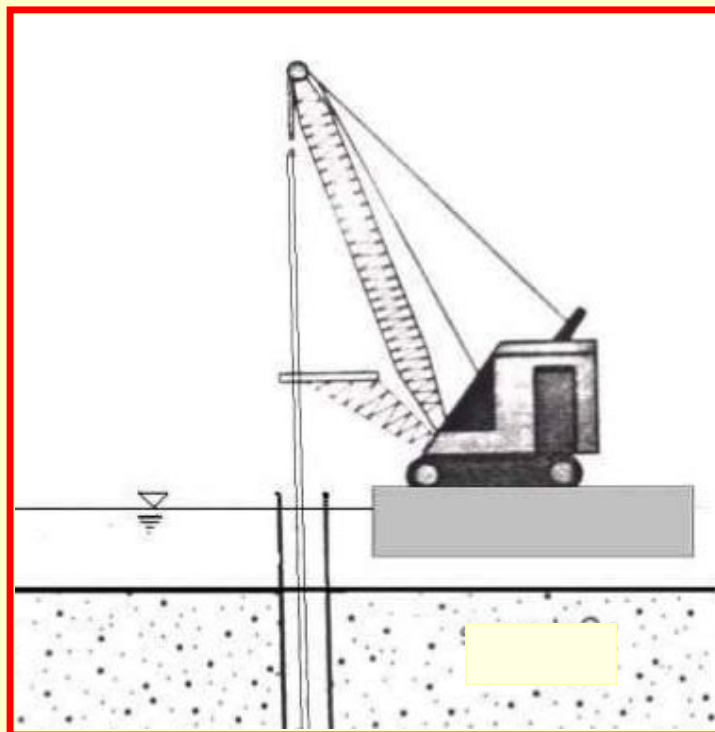
اتمام بتن ریزی



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# کوبیدن لوله محافظ





## کوبیدن لوله محافظ

نخست لوله فلزی محافظ از بالای سطح آب تا عمق مناسب در بسترخاکی کوبیده می شود. این لوله فلزی نقش محافظ (Casing) گودال حفاری شده را دارد و مانع ریزش خاک می شود. همچنین امکان بتن ریزی در بالای بستر دریا را فراهم می آورد.



کوبیدن لوله فلزی محافظ



مثالی از کوبش لوله  
محافظ در عمق آب ۲۴  
متری در دریا با شمع  
کوب ویبره

شمع کوب ویبره ای

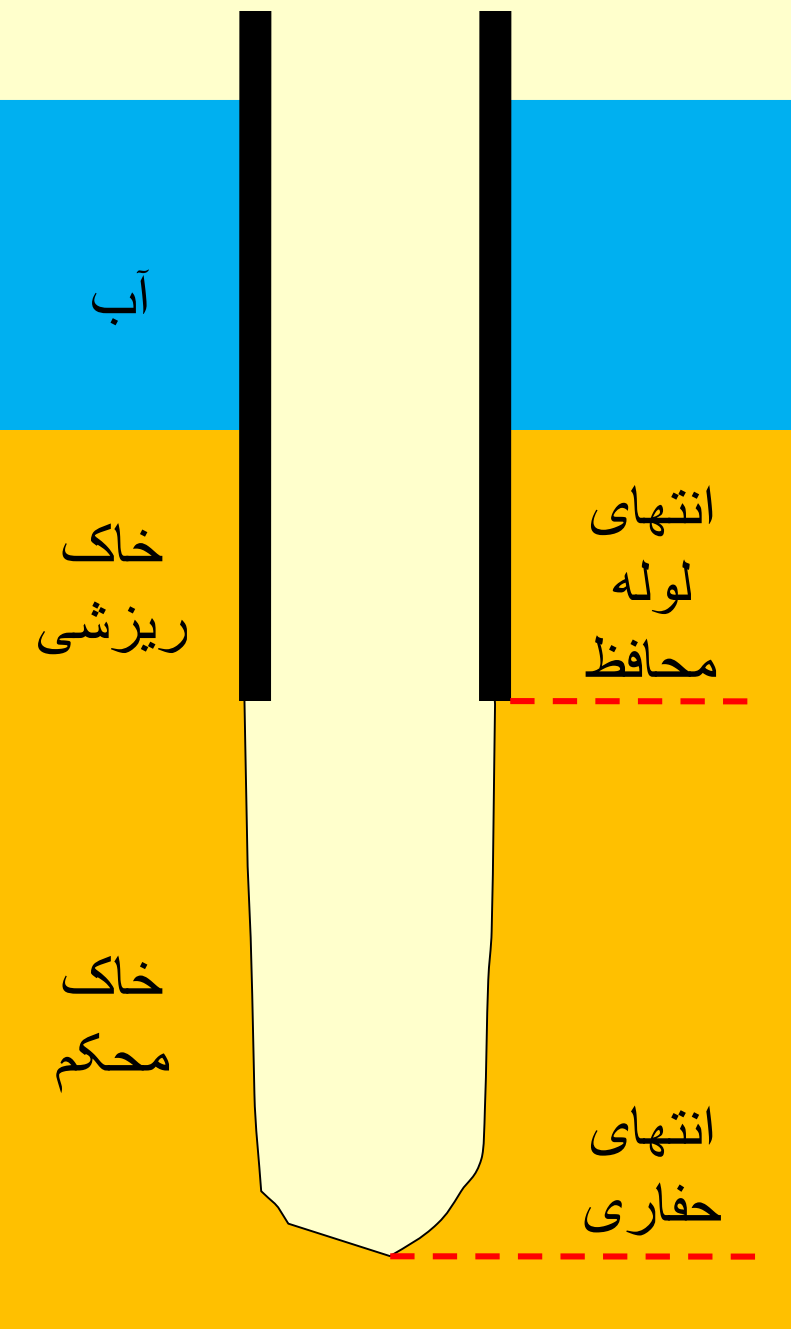
لوله محافظ



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر





□ عمق شمع درجا (عمق حفاری) می تواند بیشتر از عمق لوله محافظ باشد.

□ لوله محافظ فقط تا عمقی کوبیده میشود که خاک ریزشی باشد.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

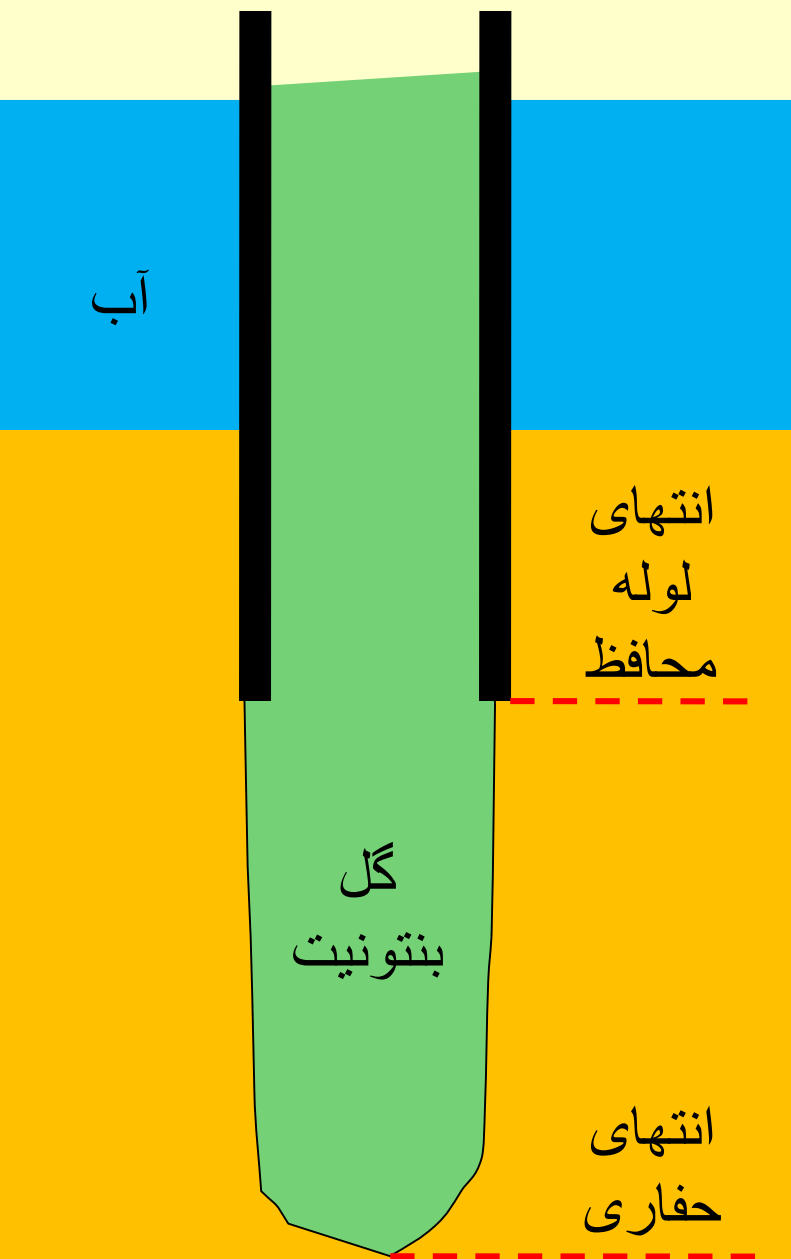


حتی در خشکی هم لوله محافظ کوبیده  
میشود چون خاک در عمق های خیلی  
کم اغلب ریزشی است.

اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



اجرای لوله محافظ با عمق کم در بندر باهنر



اگر خاک در عمق های زیاد ریزشی باشد، با پر کردن لوله محافظ با گل بنتونیت می توان جلوی ریزش را گرفت. اگر خاک خیلی ریزشی باشد باید لوله محافظ تا پایین ادامه یابد.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

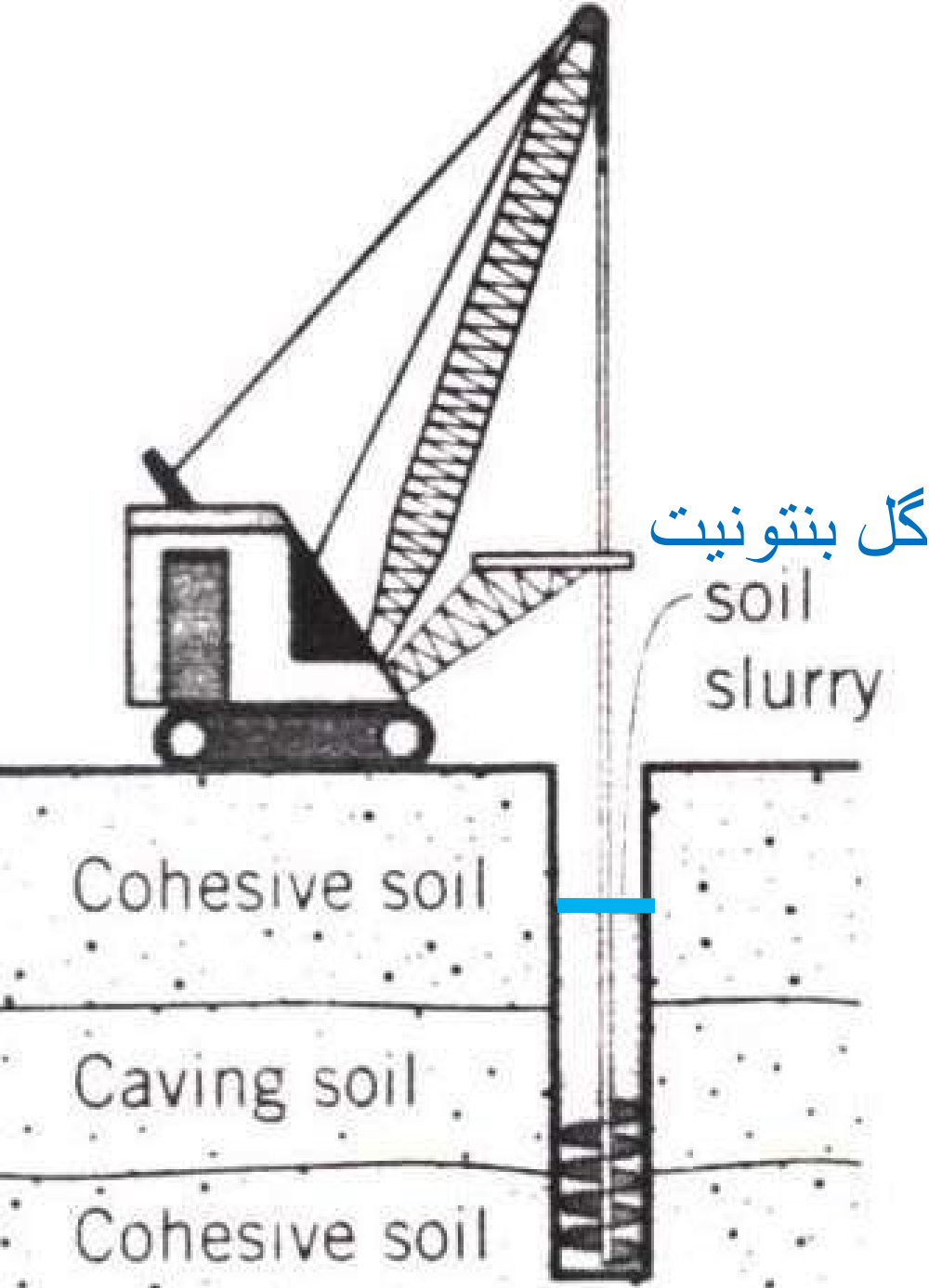
# استفاده از گل بنتونیت در حفاری

از گل بنتونیت برای جلوگیری از ریزش چاهک استفاده می شود. البته کماکان نیاز به لوله فلزی محافظ در اعماق کم وجود دارد.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



در حفاری با گل بنتونیت  
تمام گودال با گل پر  
می شود و عملیات حفاری یا  
نصب میلگرد در شرایط  
مغروق زیر گل صورت  
می گیرد



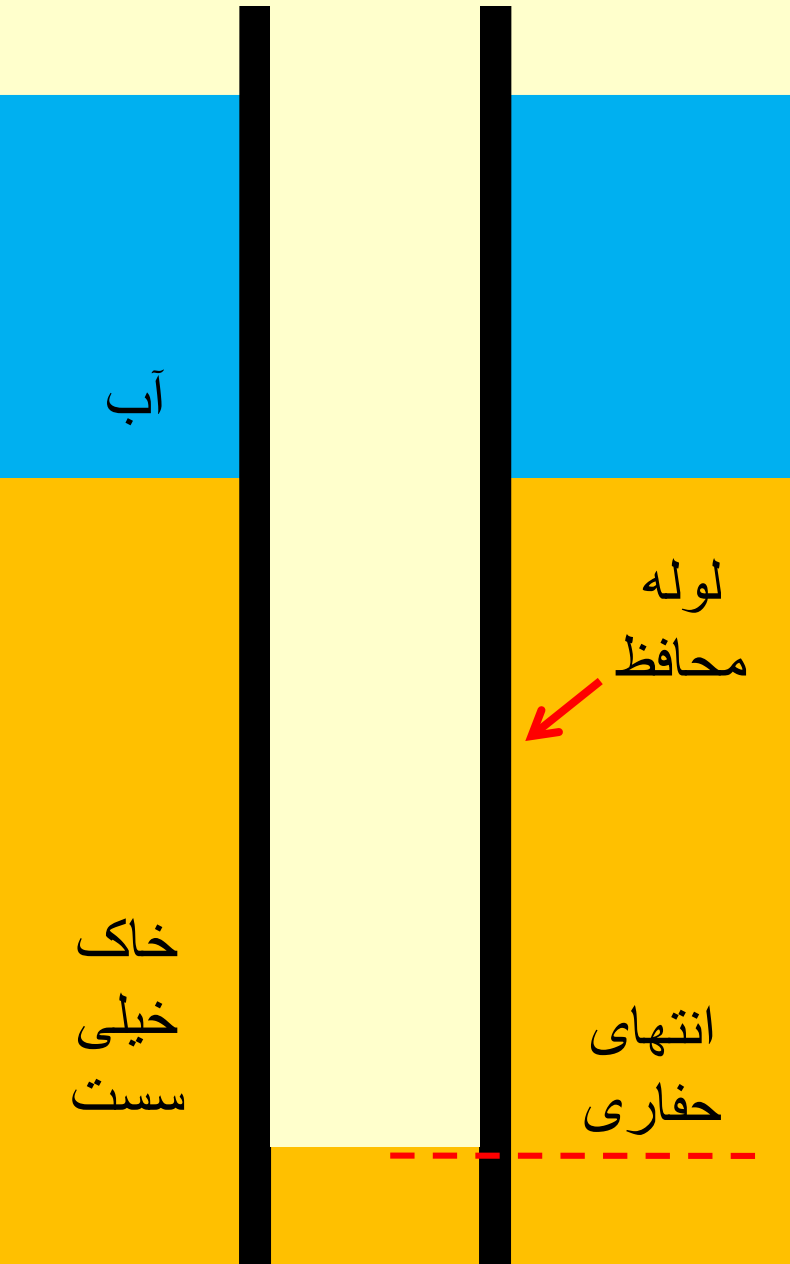
# پر کردن لوله محافظ با گل بنتونیت

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



بندر شهید باهنر



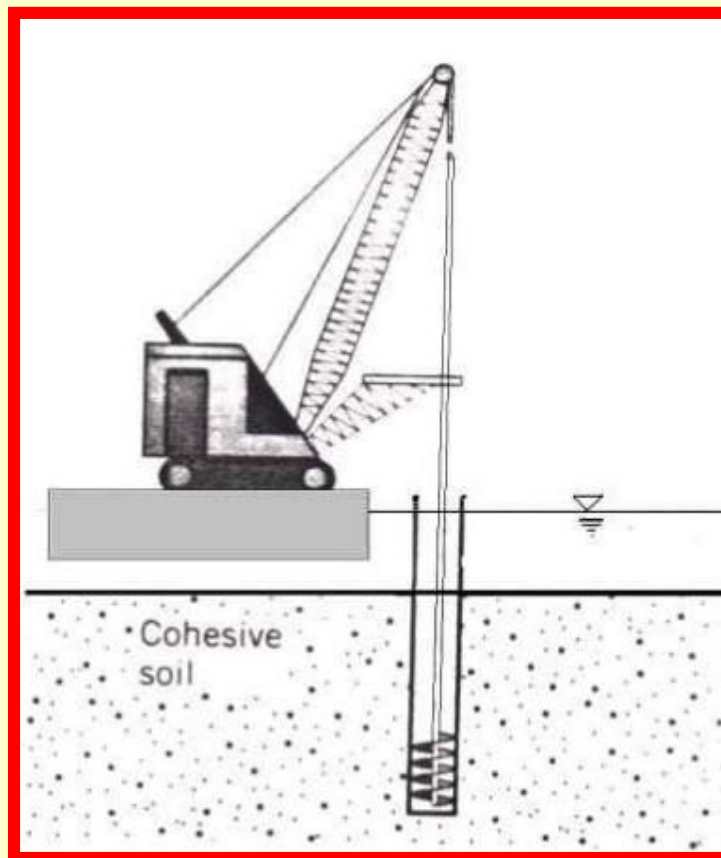
در خاک ماسه ای خیلی سست و ریزشی توصیه می شود که طول لوله فلزی محافظ اندکی بیشتر از عمق شمع باشد تا خاک از پایین به داخل لوله هجوم نکند.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# حفاری درون لوله محافظ

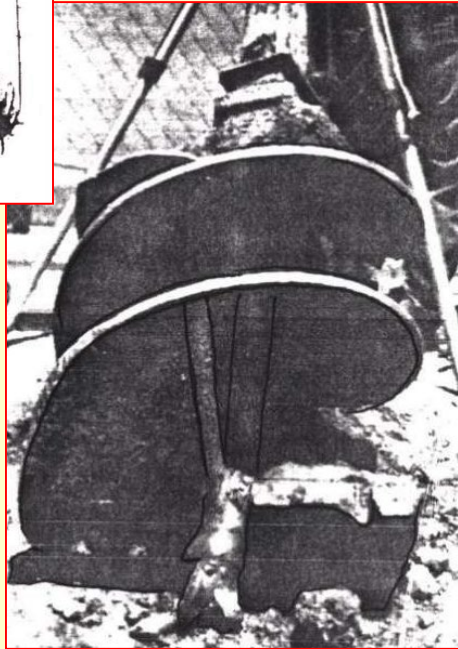
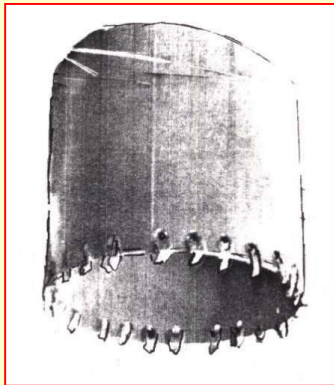






اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



□ حفاری خاک با انواع  
مته دورانی صورت  
میگیرد.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

بندر شهید  
باهنر بندر  
عباس

انتقال دستگاه حفاری به محل

# حفاری درون لوله محافظ



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

میله  
حفاری

لوله محافظ  
Casing





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

میله  
حفاری

لوله محافظ

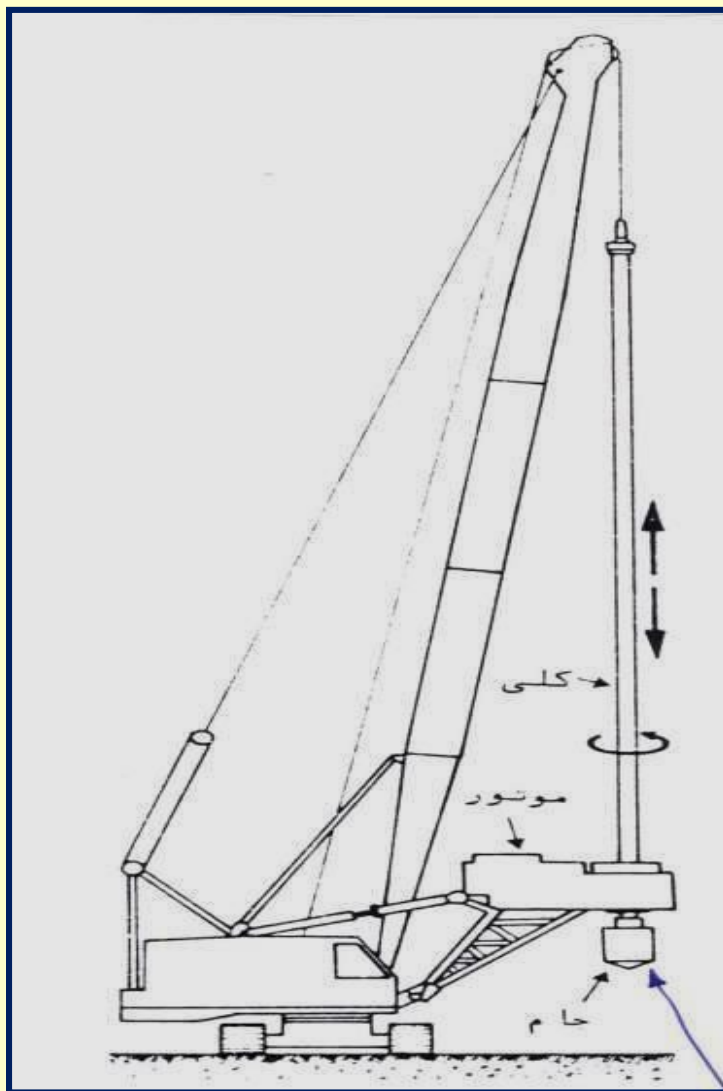




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# حفاری شمع با دستگاه دورانی

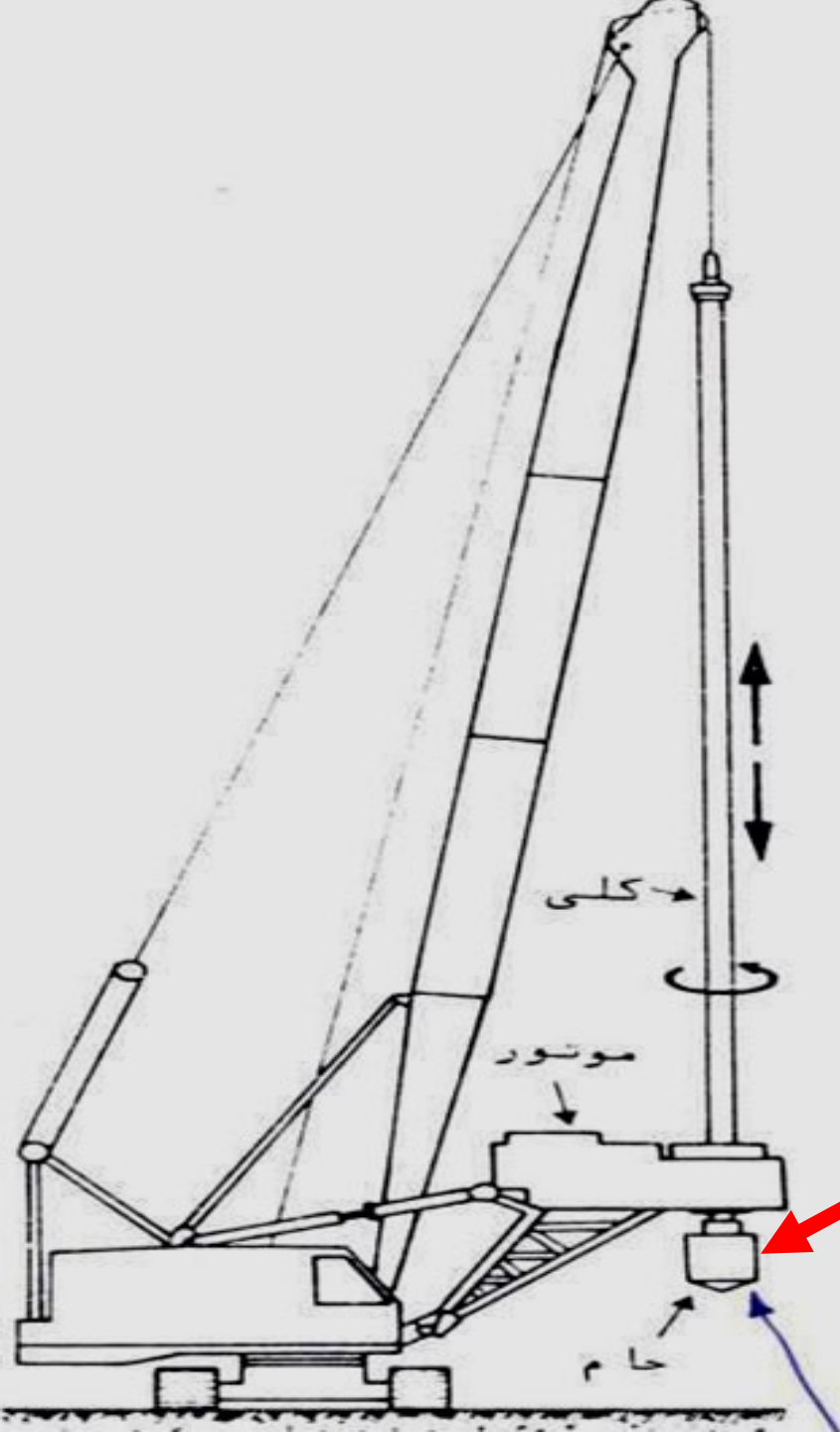




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

حفاری اغلب با جام  
حفاری (مته سطلی)  
صورت می گیرد.

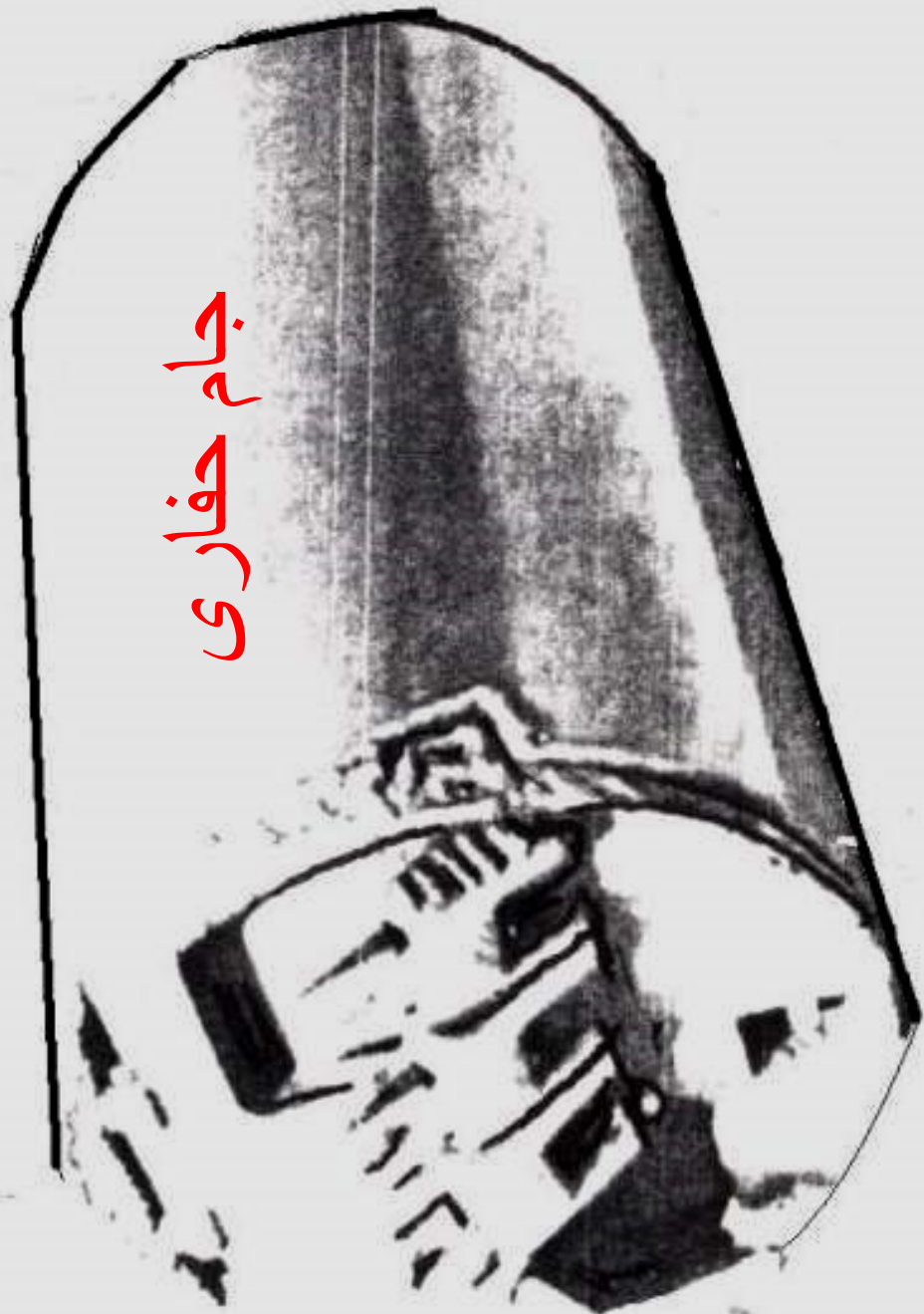




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

جام حفاری



جام حفاری یا مته شطلی  
متداول ترین مته حفاری  
است.

چرخش و فشار مته موجب  
ورود خاک از شیارها به  
درون محفظه جام حفاری  
می شود.

# جام حفاری یا مته سطلی





# جام حفاری یا مته سطلی

اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

جام حفاری یا مته سطلی





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

باز شدن جام حفاری  
برای تخلیه خاک





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

باز شدن جام حفاری  
برای تخلیه خاک

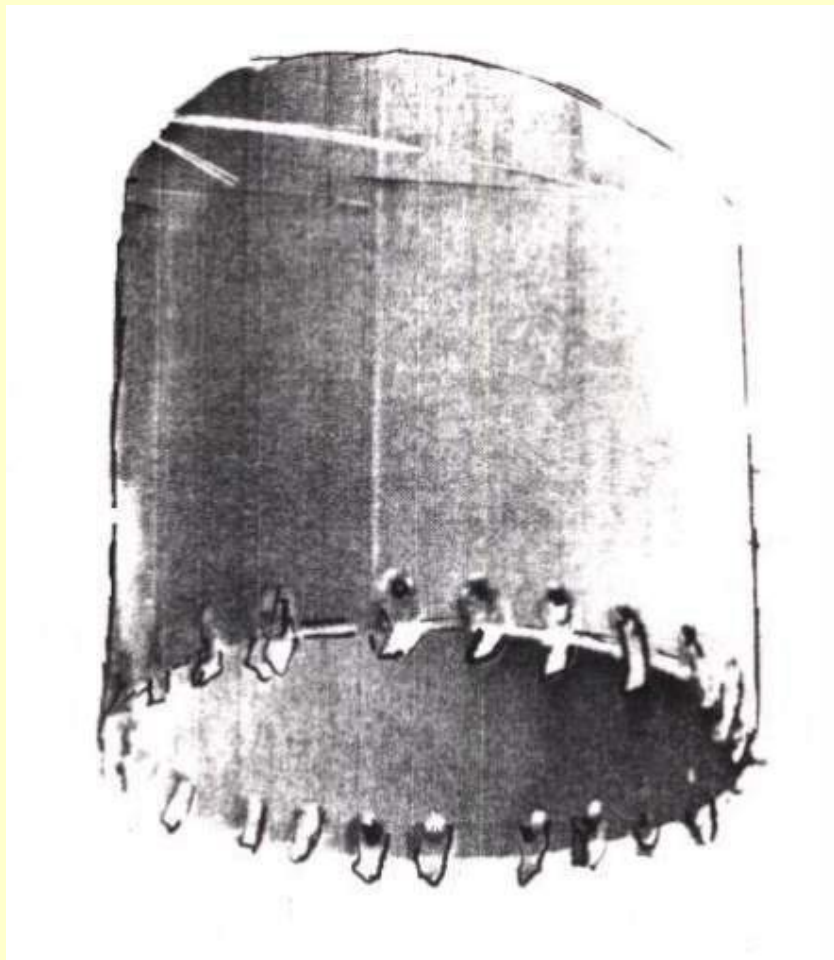




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# مته حفاری استوانه ای برای زمین های سخت و چسبنده



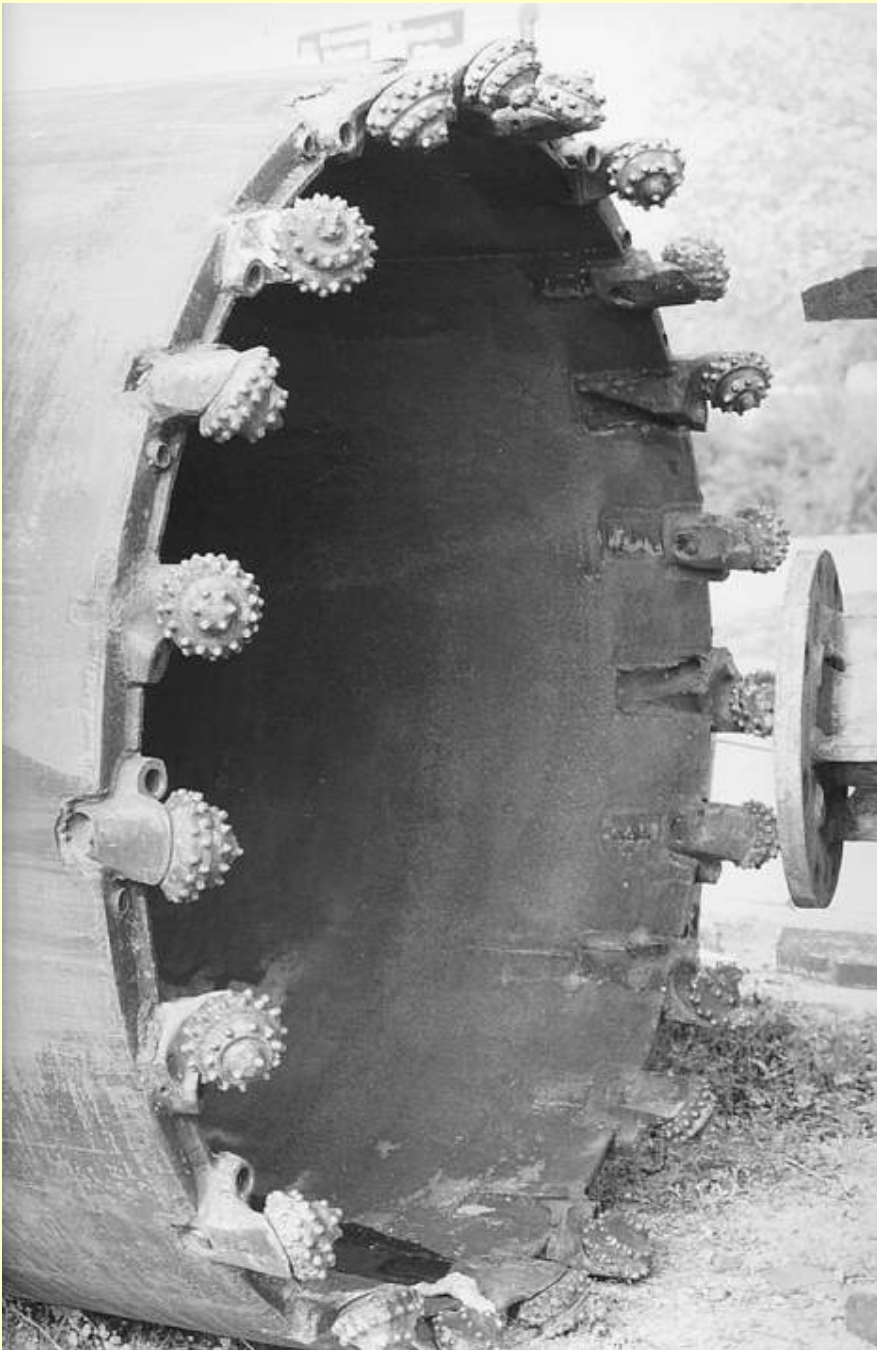
خاک سخت پس از ورود به داخل  
استوانه، بدلیل اصطکاک به بدنه  
استوانه می چسبد و با بالا کشیدن  
مته، خارج می شود.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# مته حفاری استوانه ای برای زمین های سخت و چسبنده





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

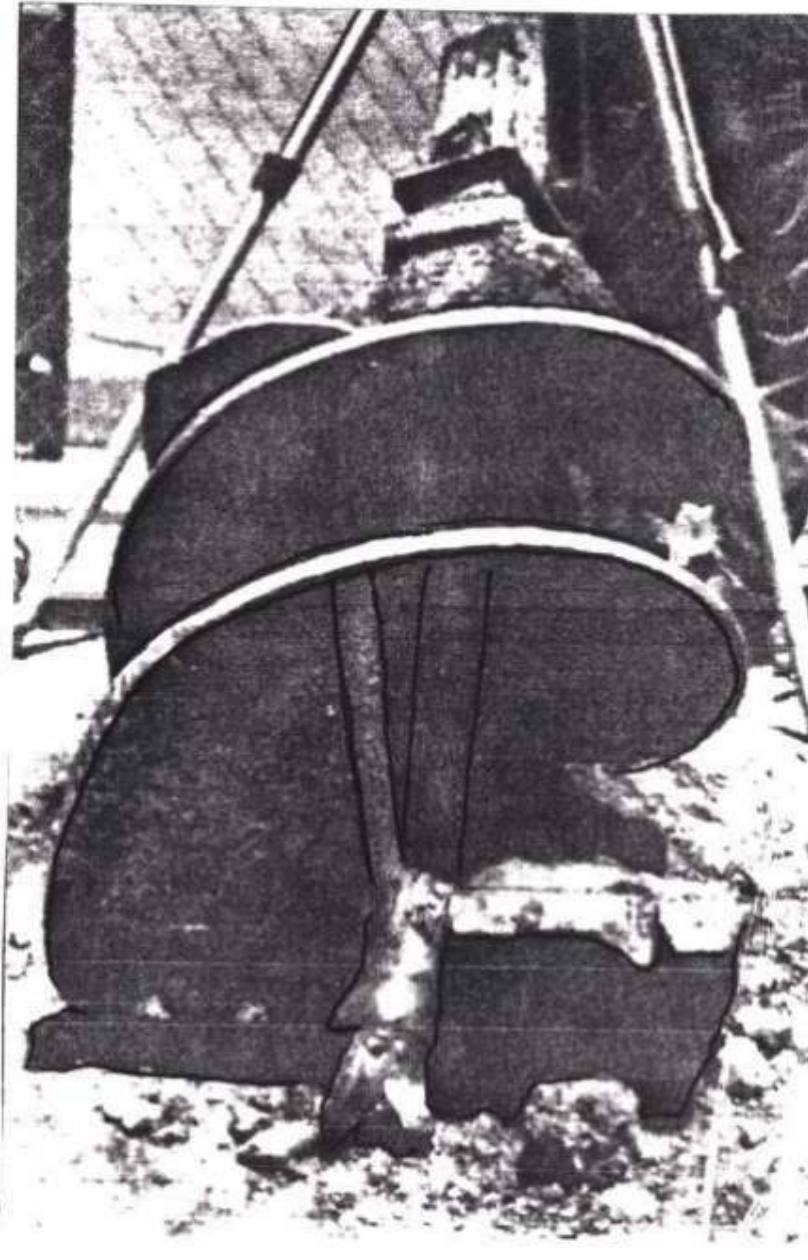


## مته حفاری استوانه ای



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



## مته حفاری حلزونی

خاک حفاری شده روی  
لبه های مته حلزونی  
می نشیند و با خارج کردن  
مته، به بیرون از گودال  
منتقل می شود.

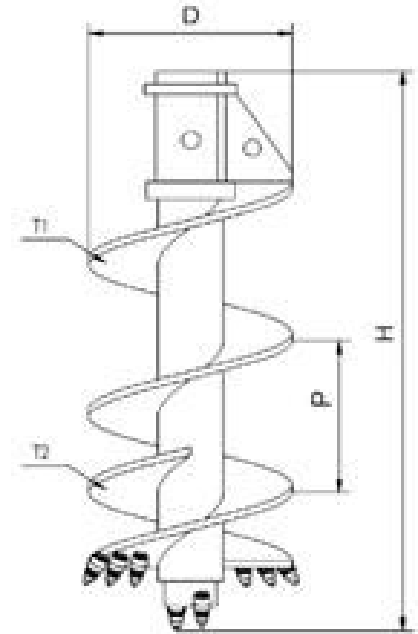




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# مته حفاری حلزونی





یک نوع مته قوی که در زمینهای بسیار سخت یا  
شمع های با قطر خیلی بزرگ بکار می رود.





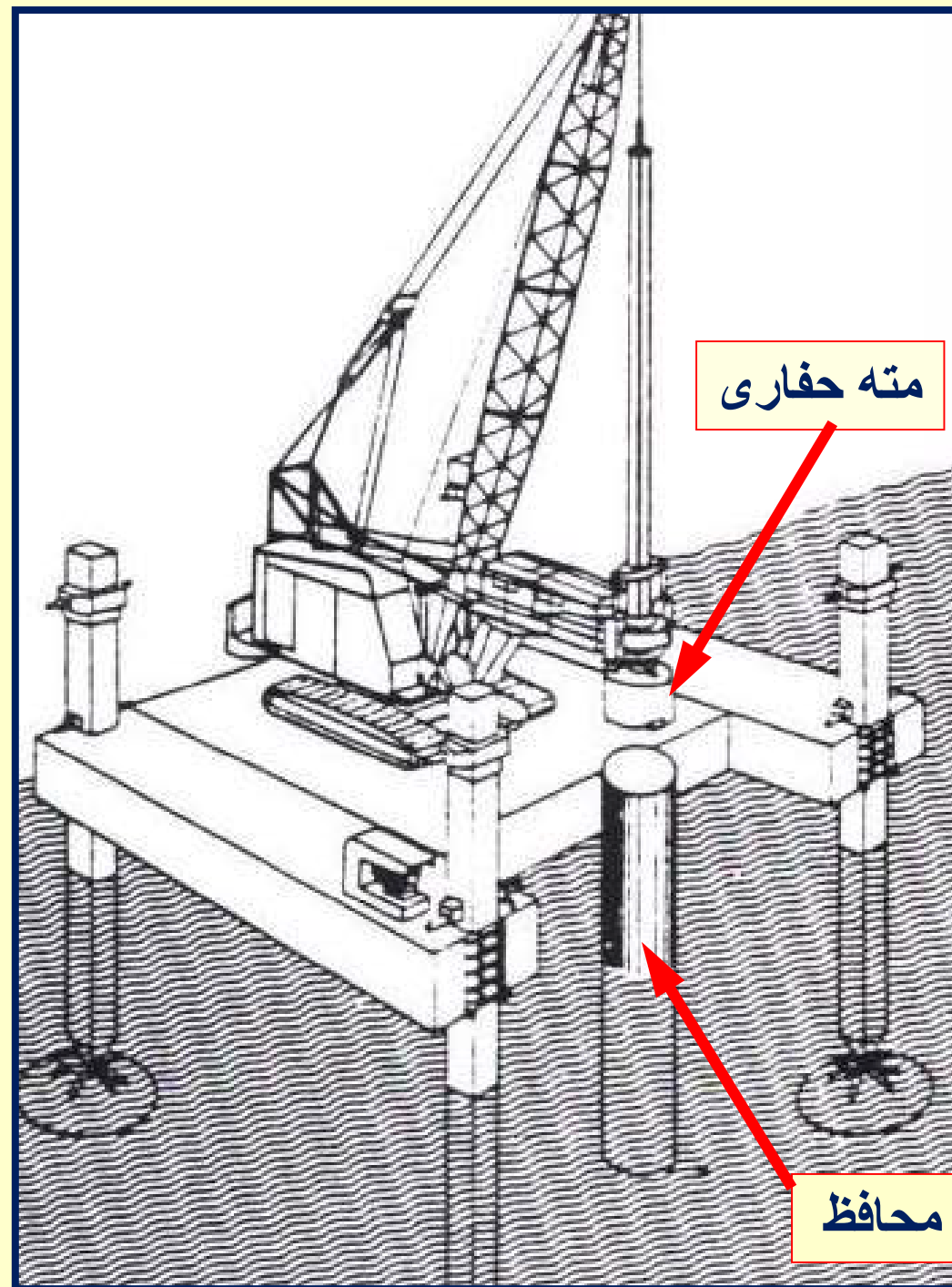
اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

مته حفاری

حفاری درون لوله  
محافظ با دستگاه  
حفاری مستقر بر  
سکوی خود بالارو

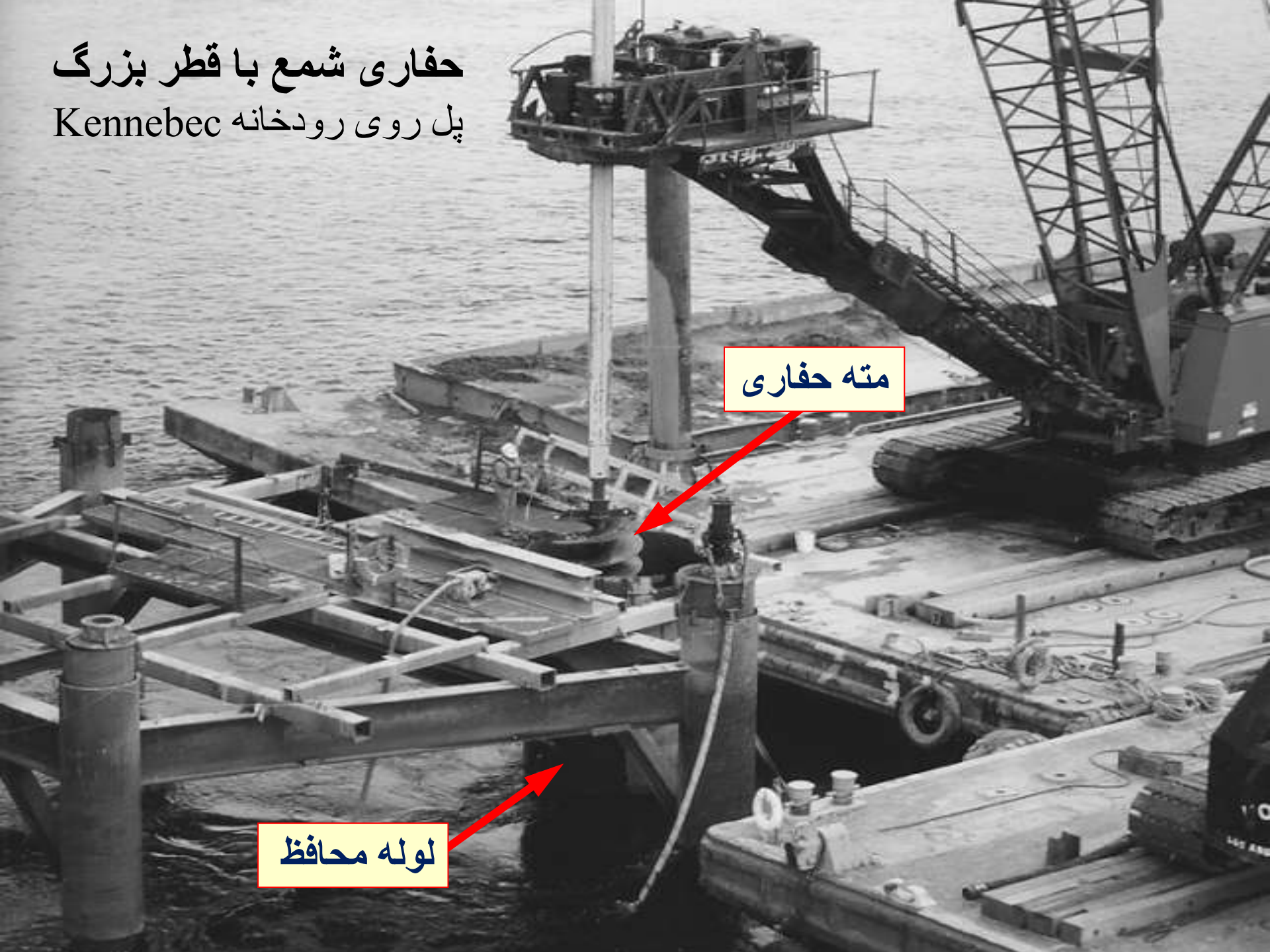
لوله محافظ



# حفاری شمع با قطر بزرگ پل روی رودخانه Kennebec

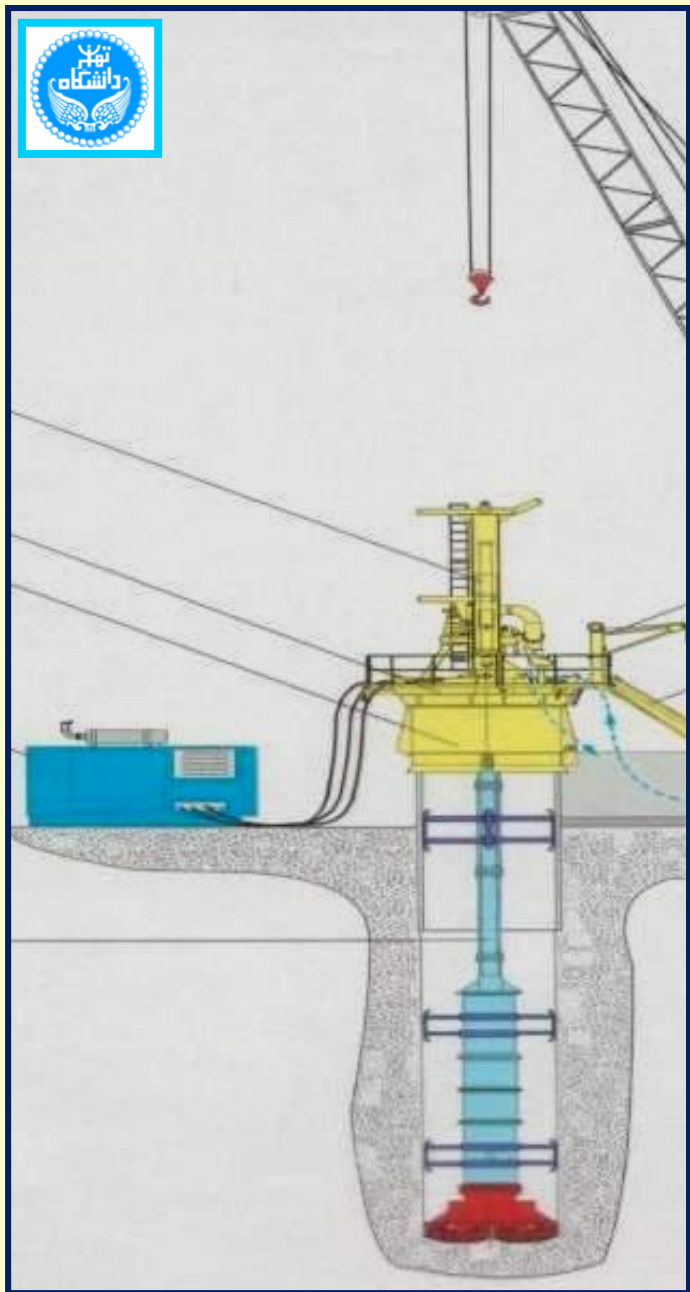
مته حفاری

لوله محافظ





# امکان قرار گیری دستگاه حفار روی لوله محافظ





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# دستگاه حفاری شمع

نصب لوله  
محافظ با  
ویبره





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# نصب سیستم حفاری روی لوله محافظ

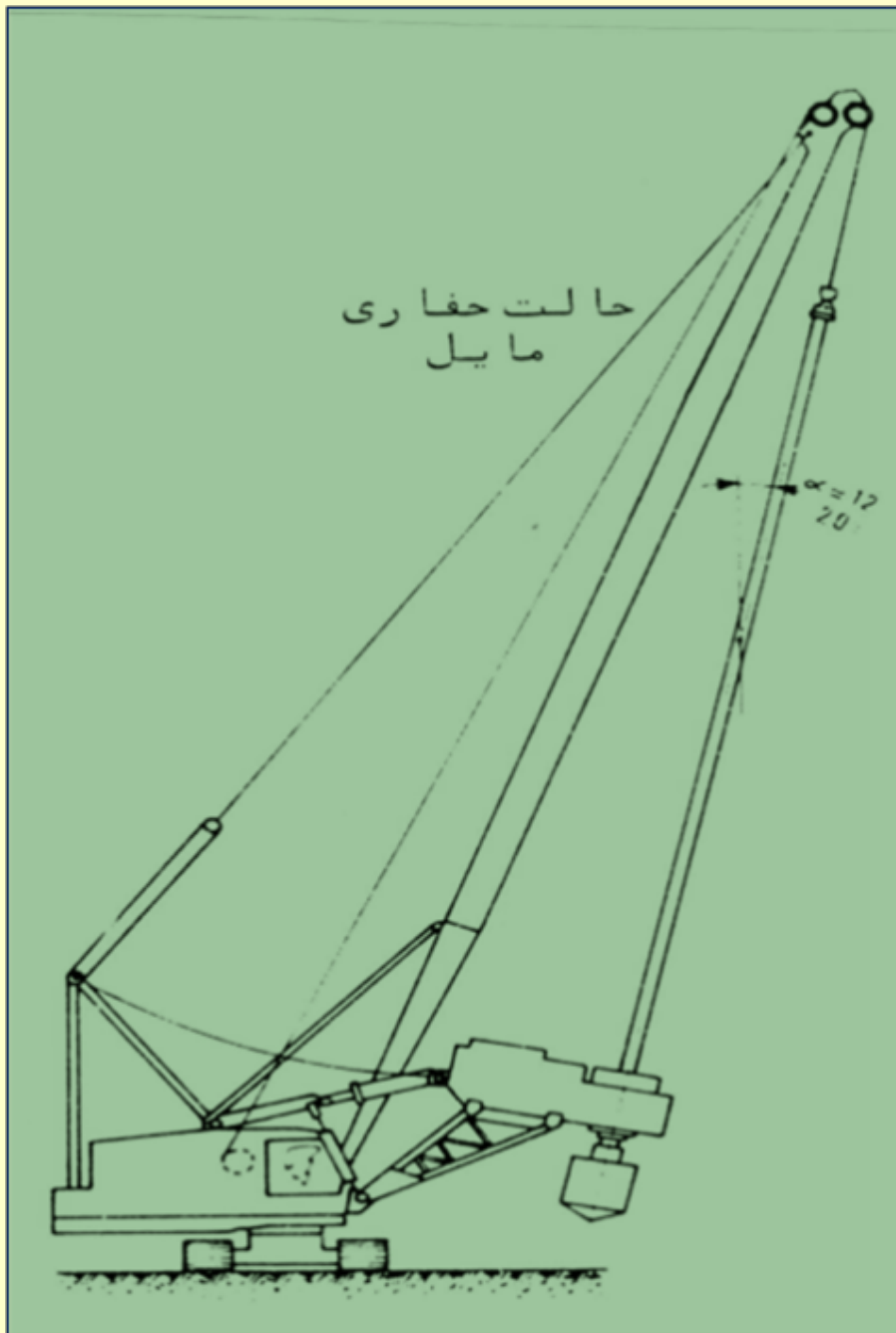




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# دستگاه در حالت حفاری مایل



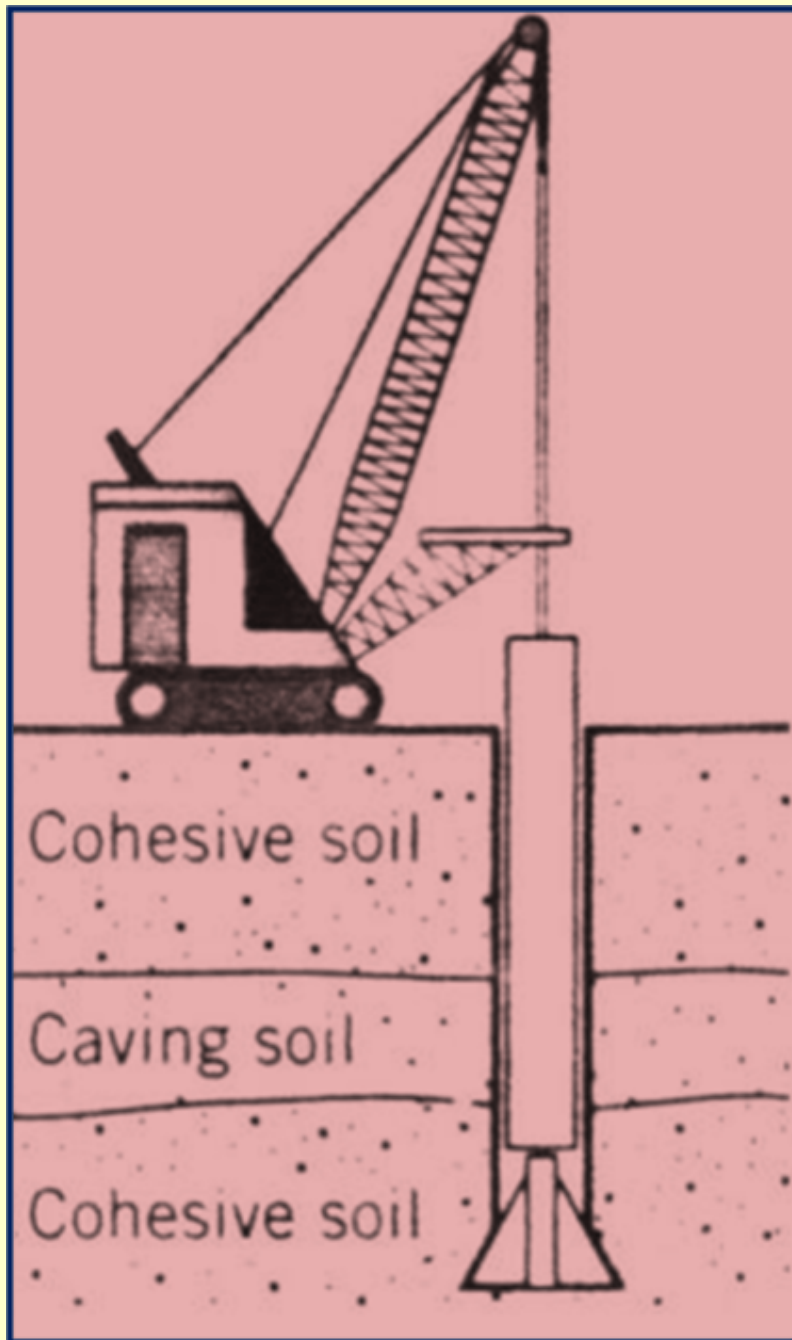




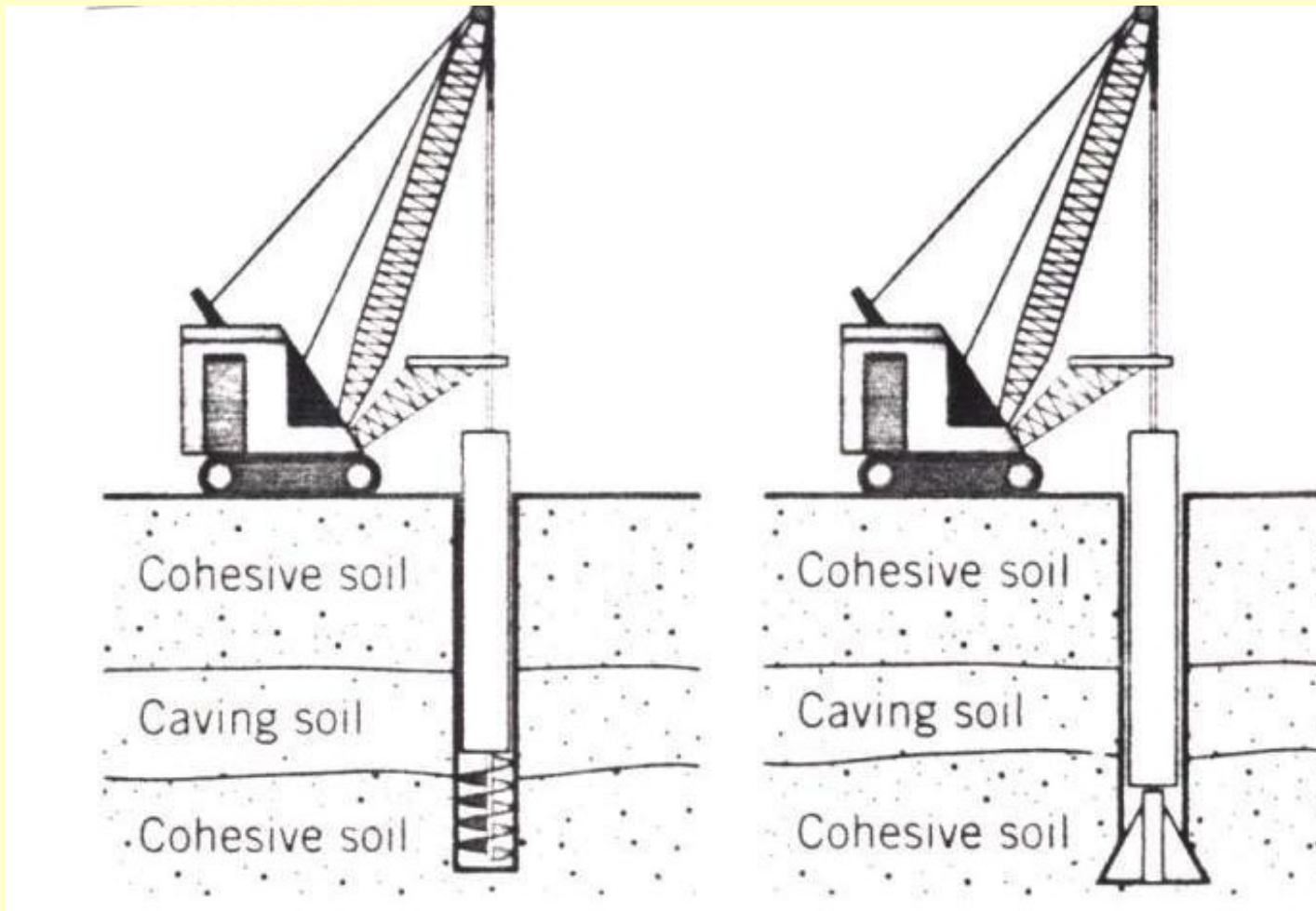
اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

## شمع پا فیلی (زنگوله ای)



# اجرای شمع درجا با لوله گذاری و زنگوله ای کردن نوک



حفاری

حفاری برای زنگوله ای کردن نوک



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

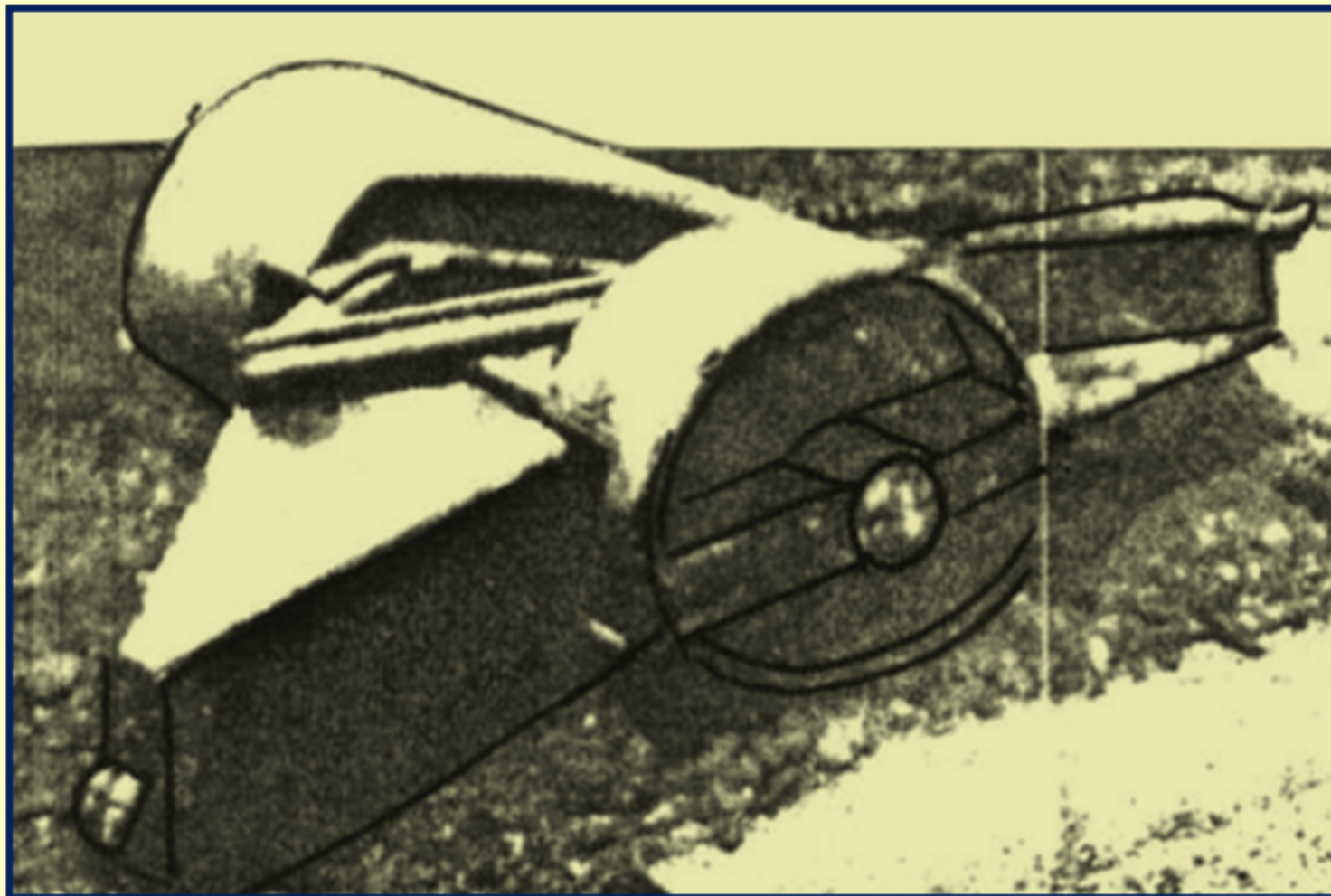




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# مته برای زنگوله ای کردن نوک شمع





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# مته برای زنگوله ای کردن نوک شمع





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# مته برای زنگوله ای کردن نوک شمع





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



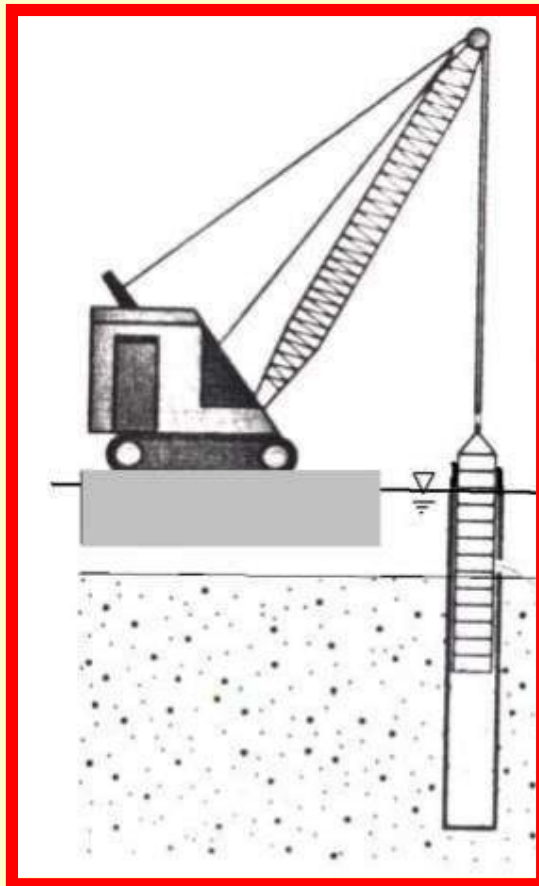
پس از رسیدن عملیات  
حفاری به عمق مورد نظر،  
مته به تدریج باز می شود و  
شکل زنگوله ای در نوک  
شمع بوجود می آید.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# نصب شبکه میلگرد







اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## آرماتورهای آماده شده برای نصب





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

## آرماتورهای شمع درجا





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

قرار دادن شبکه  
میلگرد در داخل شمع





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

قرار دادن شبکه میلگرد در  
گودال پر از گل بنتونیت





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

قرار دادن شبکه  
میلگرد در داخل شمع

آرماتورهای شمع درجا





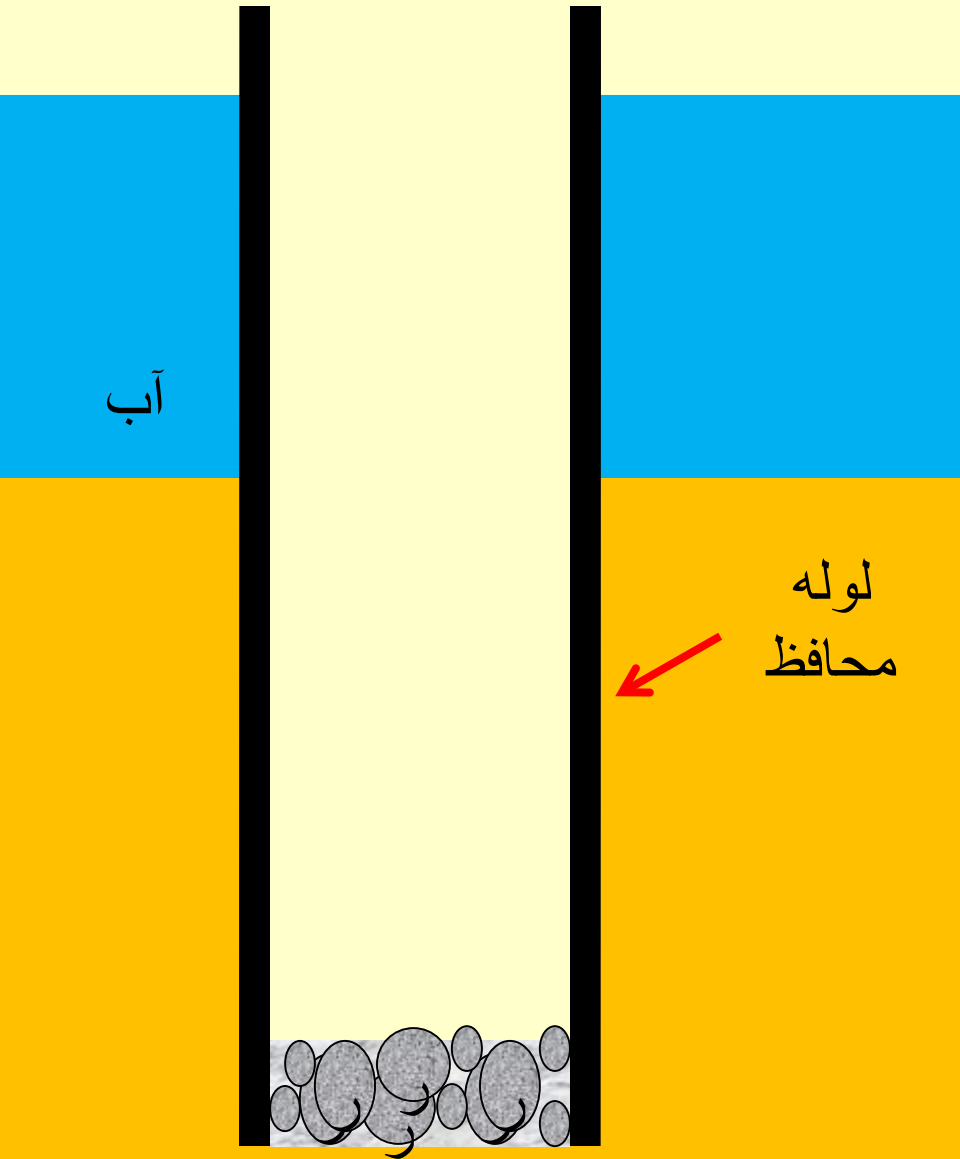
اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



قرار دادن  
شبكة  
میلگرد در  
داخل شمع

قبل از نصب میلگرد  
توصیه می شود مقداری  
قلوه سنگ در گودال  
ریخته شود.





به طور کلی در نظر گرفتن مقاومت نوک شمع های حفاری شده در طراحی چندان قابل اعتماد نیست زیرا مصالح سست در زیر نوک شمع جمع می شود و تمیز کردن آن مشکل است. استفاده از قلوه سنگ یا حتی قراردادن یک قطعه بتنی پیش ساخته (کفشک) در نوک شمع قبل از میلگردگذاری و بتن ریزی موجب افزایش قابلیت اعتماد باربری نوک شمع می شود.

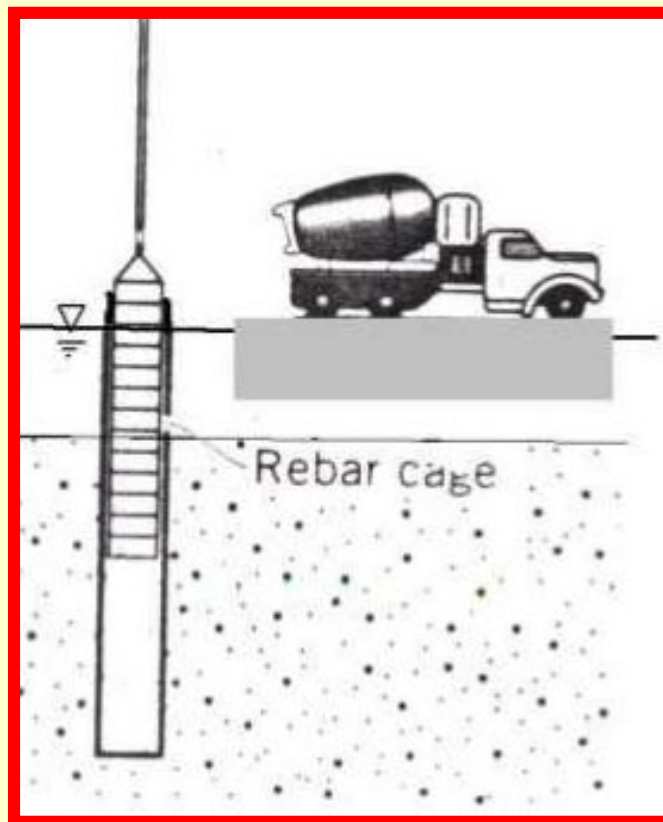




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# بتن ریزی



# بتن ریزی درون شمع



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# بتن ریزی داخل شمع با پمپ بتن





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# بتن ریزی داخل شمع با پمپ بتن



# بتن ریزی شمع



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# اتمام بتن ریزی





## مرور مراحل اجرای شمع بتنی درجا

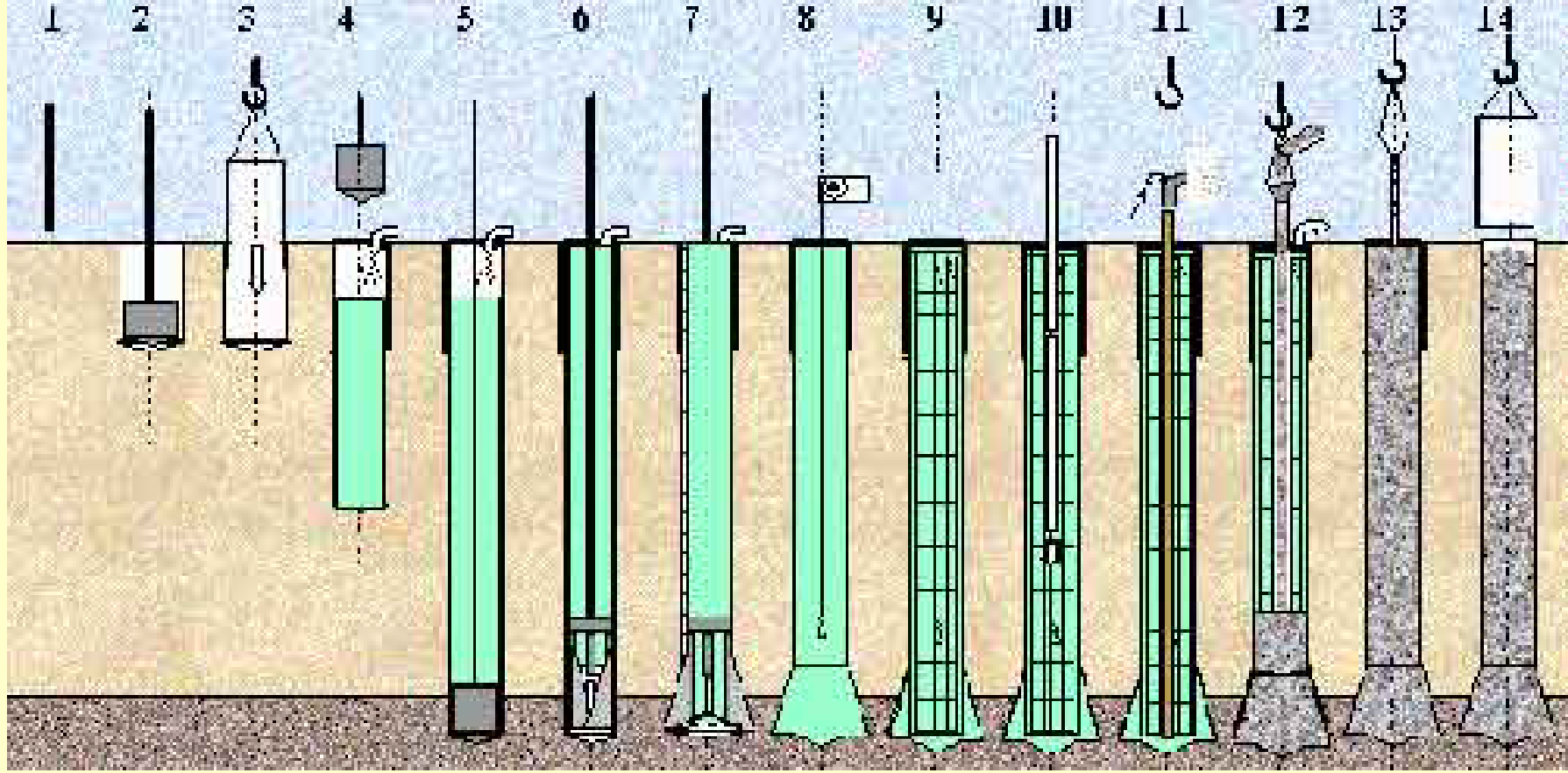
حفاری برای نصب لوله محافظ

نصب لوله محافظ

پر کردن گودال با گل بنتونیت

ادامه حفاری

حفاری برای زنگوله ای کردن





# محدوده رواداریهای معرفی شده در مراجع مختلف

## درجاریز - بتنی

تراز نهایی قفسه آرما تور mm	تراز بالایی شمع mm	انحراف از محور شمع	موقعیت نسبت به مرکز mm
+۱۵۰	+۲۵	۲٪ تا	۷۵ تا
-۷۵	-۷۵	۴٪	۱۵۰

## کوبشی

تراز بالایی شمع mm	انحراف از محور شمع	موقعیت نسبت به مرکز mm
+۵۰	۱٪ تا	۲۵ تا
-۱۰۰	۴٪	۱۵۰





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

رواداریهای اجرای شمع در یک پروژه باید با تحلیل دقیق شرایط آن پروژه انتخاب شود و در طراحی و اجرا مورد نظر باشد.

محدوده رواداریهای معرفی شده در مراجع مختلف فقط به عنوان راهنمای اولیه قابل استفاده است.

اگرچه اجرای شمع درجا در دریا ممکن است ولی اجرای آن در خشکی ساده تر است. بنابراین برخی از سازه های دریایی مثل اسکله ها را در خشکی اجرا کرده و سپس خاک اطراف آن را لایروبی می کنند.



2

بندر شهید باهنر

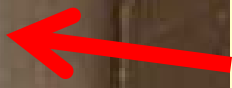


اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

حفاری در خشکی با پر کردن گودال با گل بنتونیت و حفاری با جام حفاری

میله حفاری



مته در حال حفاری



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

# 6 بندر شهید باهنر




اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

ادامه میلگردها در بخش فوقانی شمع در صورت نیاز

اگر حفاری در خشکی باشد،  
قالب بندی برای بخش بالای  
خاک انجام می شود.



باز کردن قالب و عمل آوری بتن



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

تا اینجا روش متداول شمع حفاری شده یا  
**شمع بتنی درجا** تشریح شد. حال به  
برخی روشهای خاص اجرای شمع های  
حفاری شده پرداخته می شود.





اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

# شمع حفاری و تزریق شده

**Drilled & Grouted Pile**

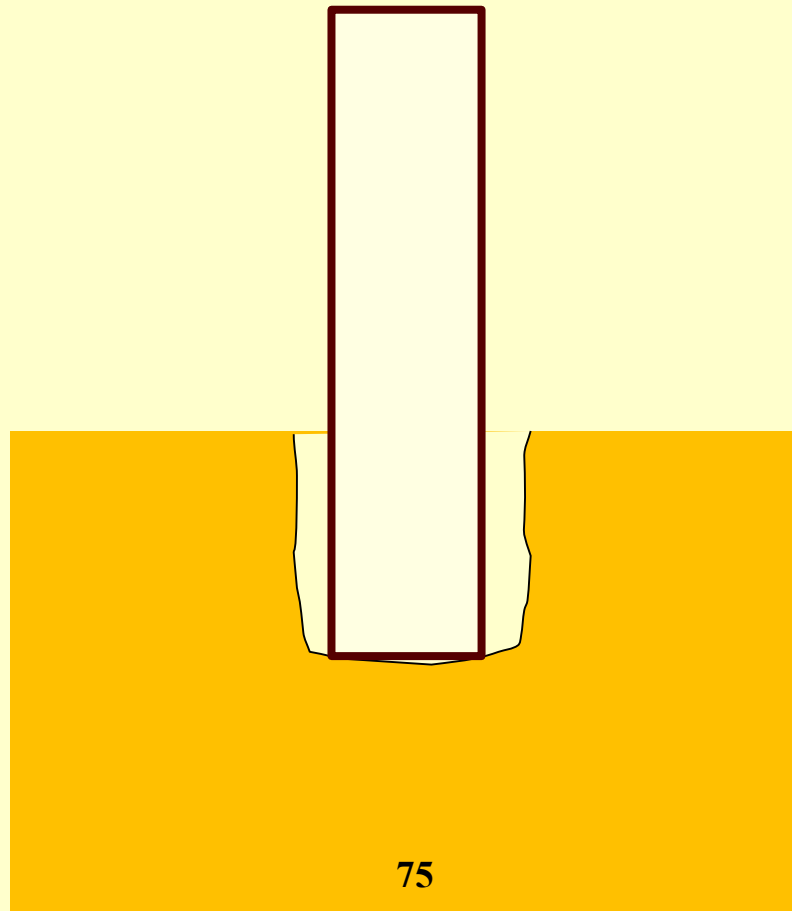
شمع حفاری شده در کارهای دور از ساحل به صورت **حفاری و تزریق** اجرا می گردد.

## Drilled & Grouted Pile



استفاده از شمع حفاری و تزریق شده در کارهای فراساحلی خیلی محدود است. اغلب شمع های دور از ساحل، کوبیدنی هستند.

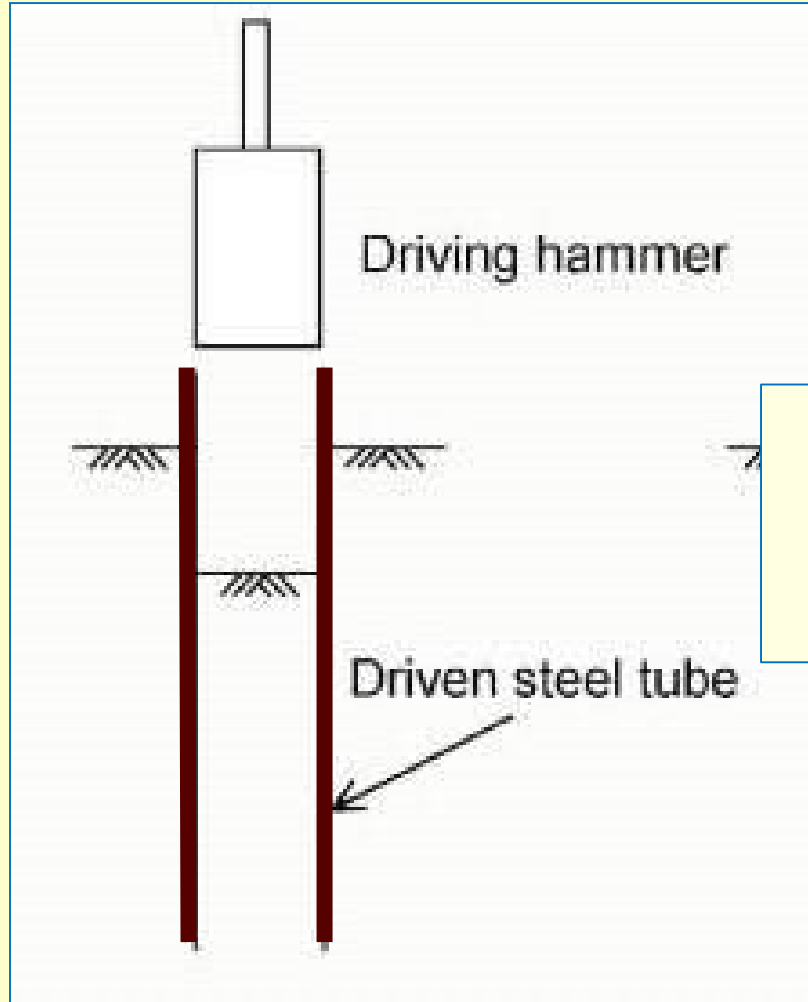
شمع حفاری و تزریق شده در کارهای فراساحلی، به زبان ساده متشکل از یک مقطع لوله ای است که درون حفره از قبل حفاری شده قرار میگیرد.





# مراحل ساخت یک شمع حفاری و تزریق شده

اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



**1**  
نصب لوله  
جدار با کوبش



# مراحل ساخت یک شمع حفاری و تزریق شده

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



# 1

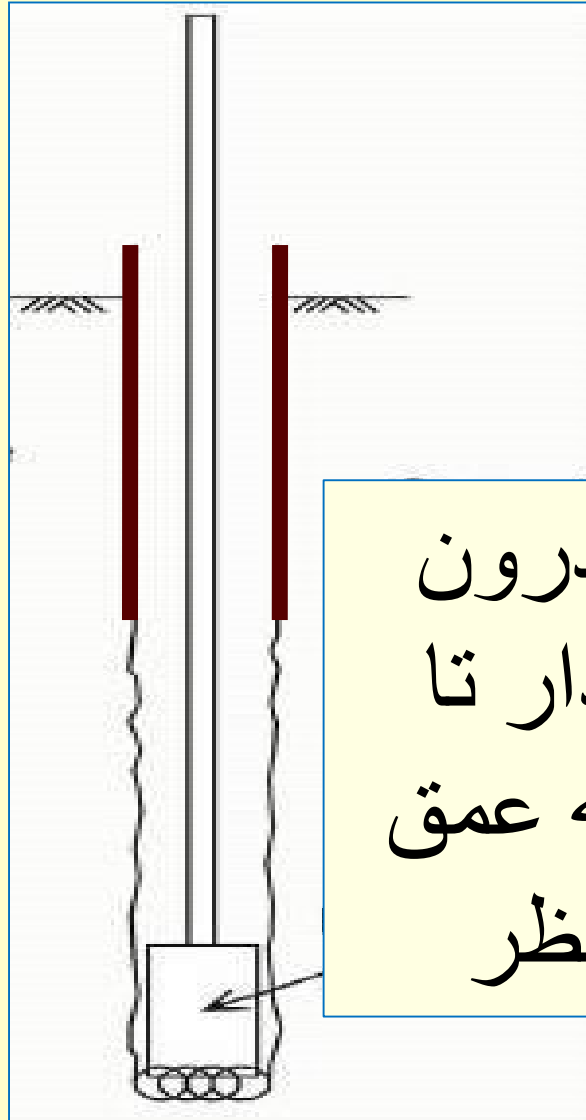
نصب لوله  
جدار با کوبش



# مراحل ساخت یک شمع حفاری و تزریق شده

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



حفاری درون  
لوله جدار تا  
رسیدن به عمق  
مورد نظر

# 2



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## مراحل ساخت یک شمع حفاری و تزریق شده



حفاری درون  
لوله جدار تا  
رسیدن به عمق  
مورد نظر

2



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

دستگاه

حفاری شمع

روی لوله

جدار نصب

می شود.







اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

دستگاه  
حفاری

لوله  
جدار



# دستگاه حفاری شمع

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# دستگاه حفاری شمع





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# مته های حفاری شمع





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

مته  
حفاری

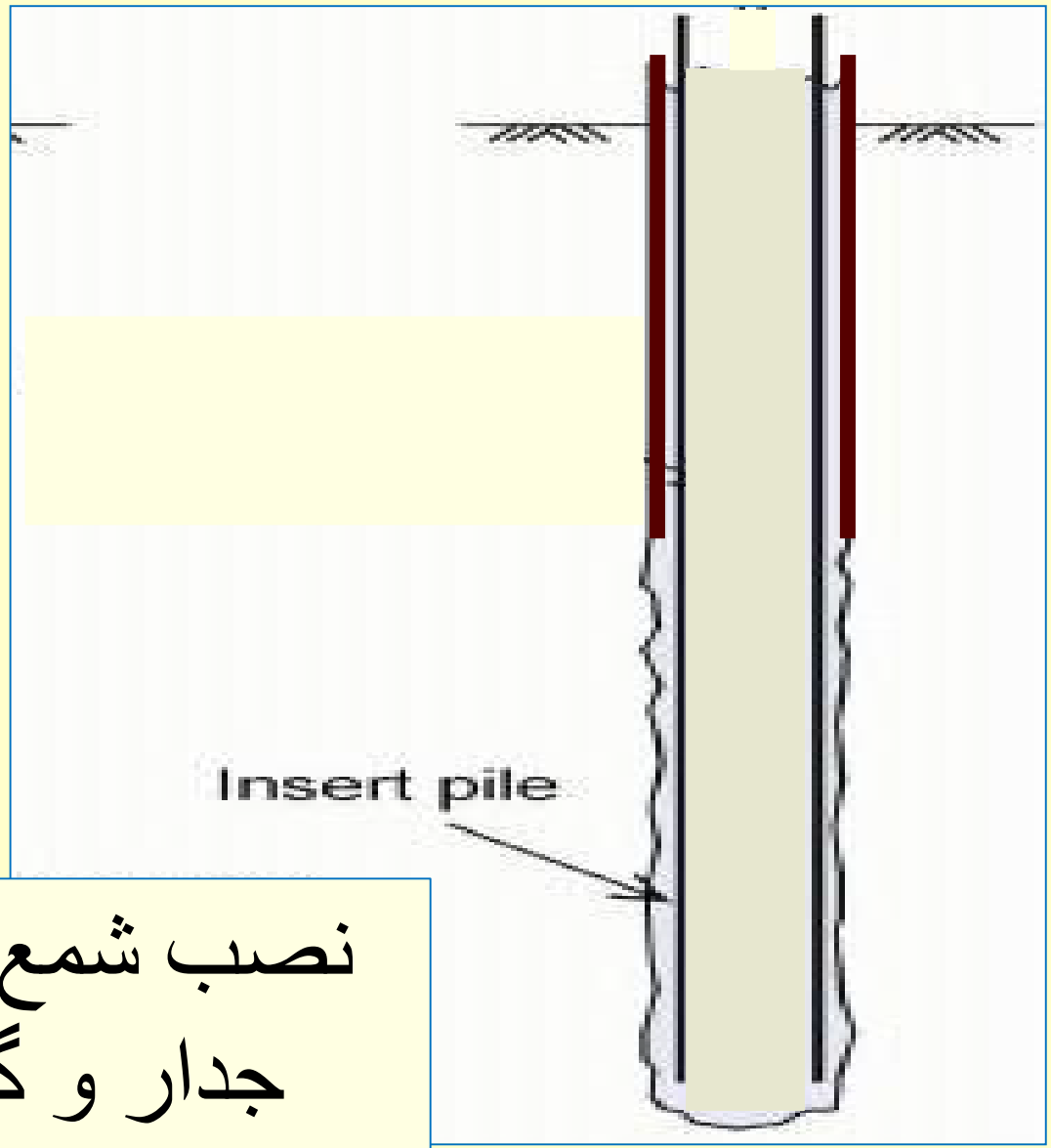




# مراحل ساخت یک شمع حفاری و تزریق شده

اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

# 3



نصب شمع لوله ای درون لوله  
جدار و گودال حفاری شده



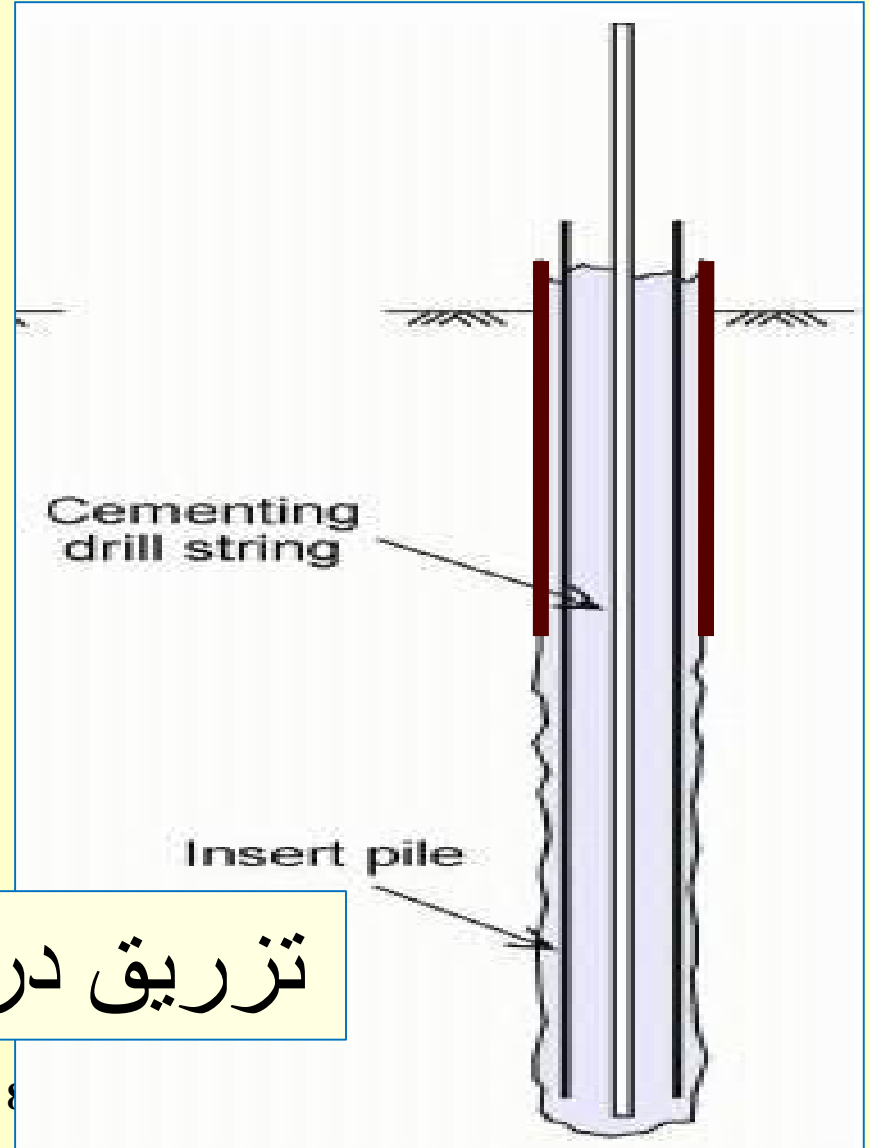
# مراحل ساخت یک شمع حفاری و تزریق شده

اجرای سازه های دریایی

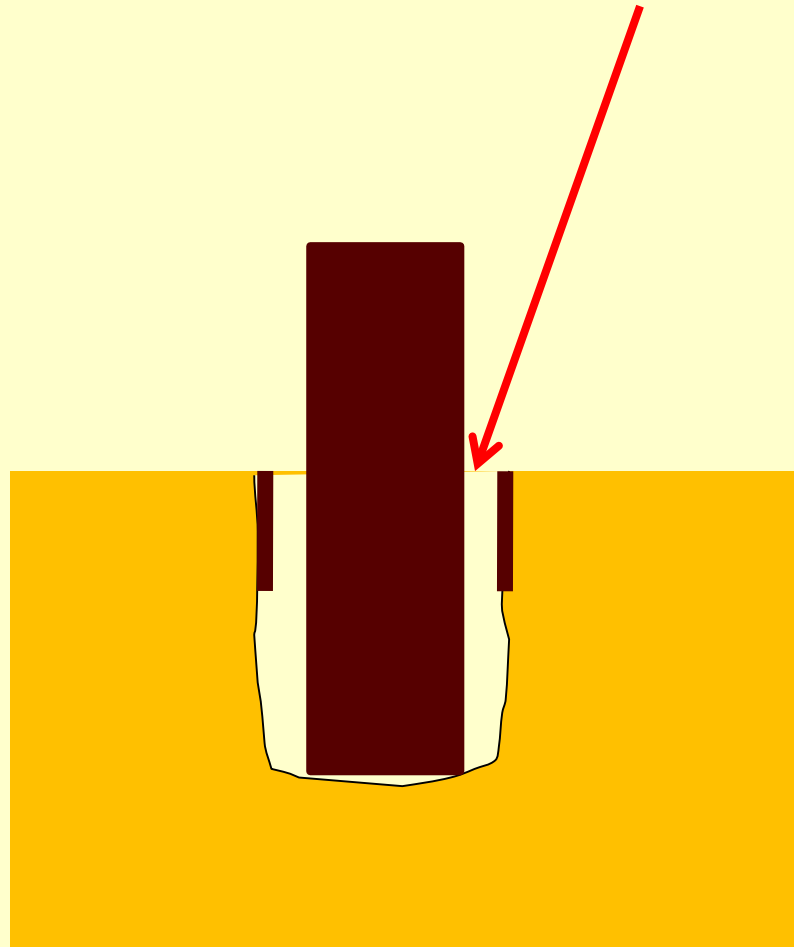
علی فاخر

# 4

تزریق درون و بیرون شمع لوله ای



قطر لوله جدار و گودال حفاری شده باید 150 میلیمتر  
بزرگتر از قطر خارجی شمع باشد.



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



مثالی از یک سکو در دریای شمال که شمع حفاری و  
تزریق شده برای آن به کار رفته است.  
Thistle Platform



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

شمع های حفاری و تزریق شده در ماسه های  
کربناتی موثر هستند ولی باید نفوذپذیری ماسه  
برای نفوذ دوغاب تزریق کافی باشد.

# کفشک تزریق Grouting Shoe



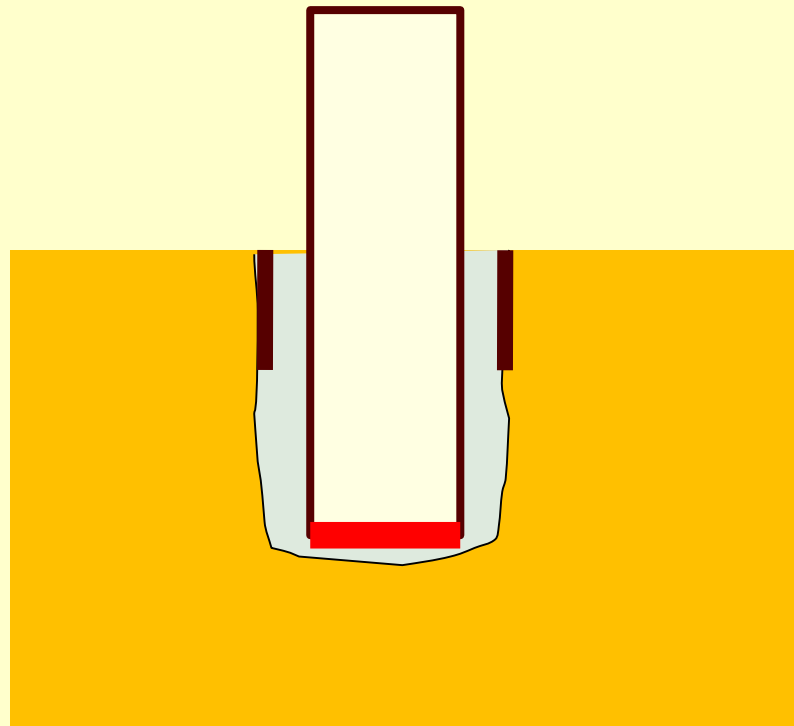
میتوان کفشک در نوک شمع حفاری  
و تزریق شده نصب کرد تا از پر  
شدن داخل شمع با دوغاب تزریق  
جلوگیری گردد.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

در صورت بستن نوک شمع باید از شناور نشدن شمع بر اثر فشار تزریق مطمئن شد.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

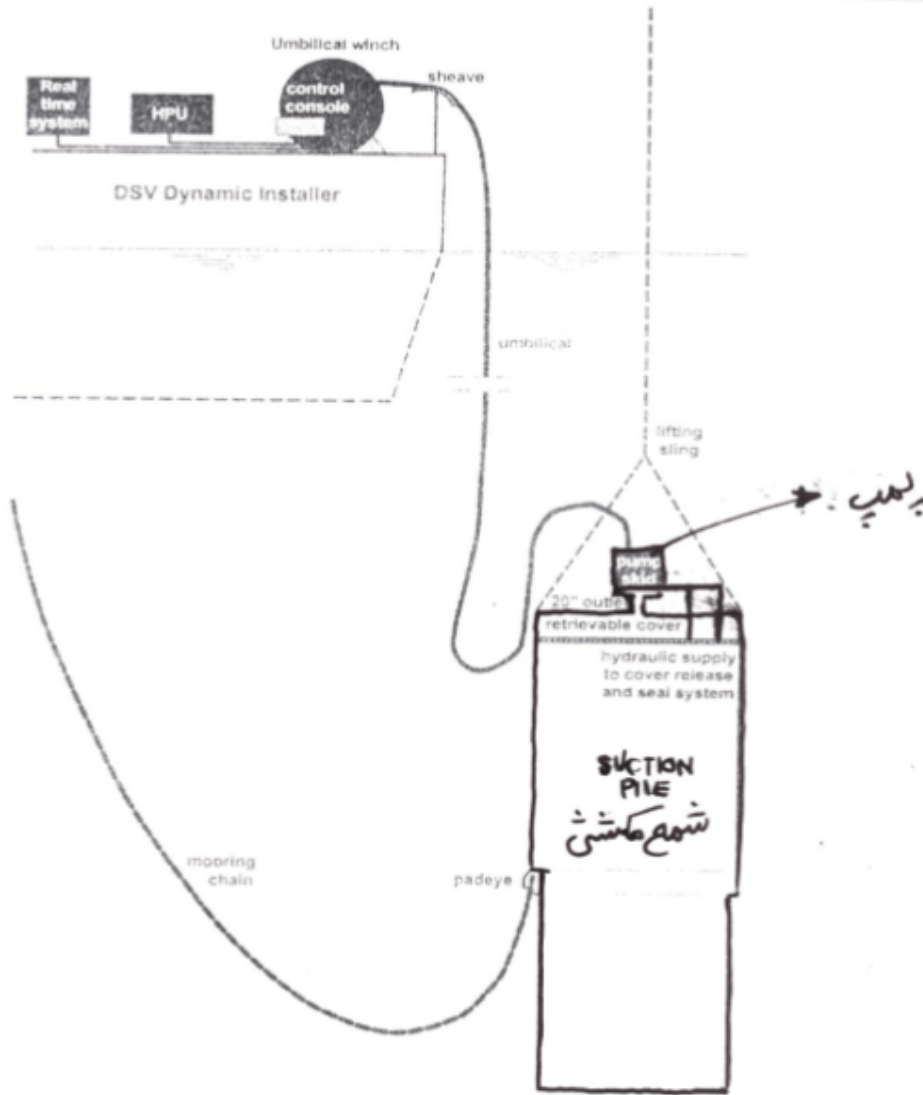


اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

# شمع مکشی

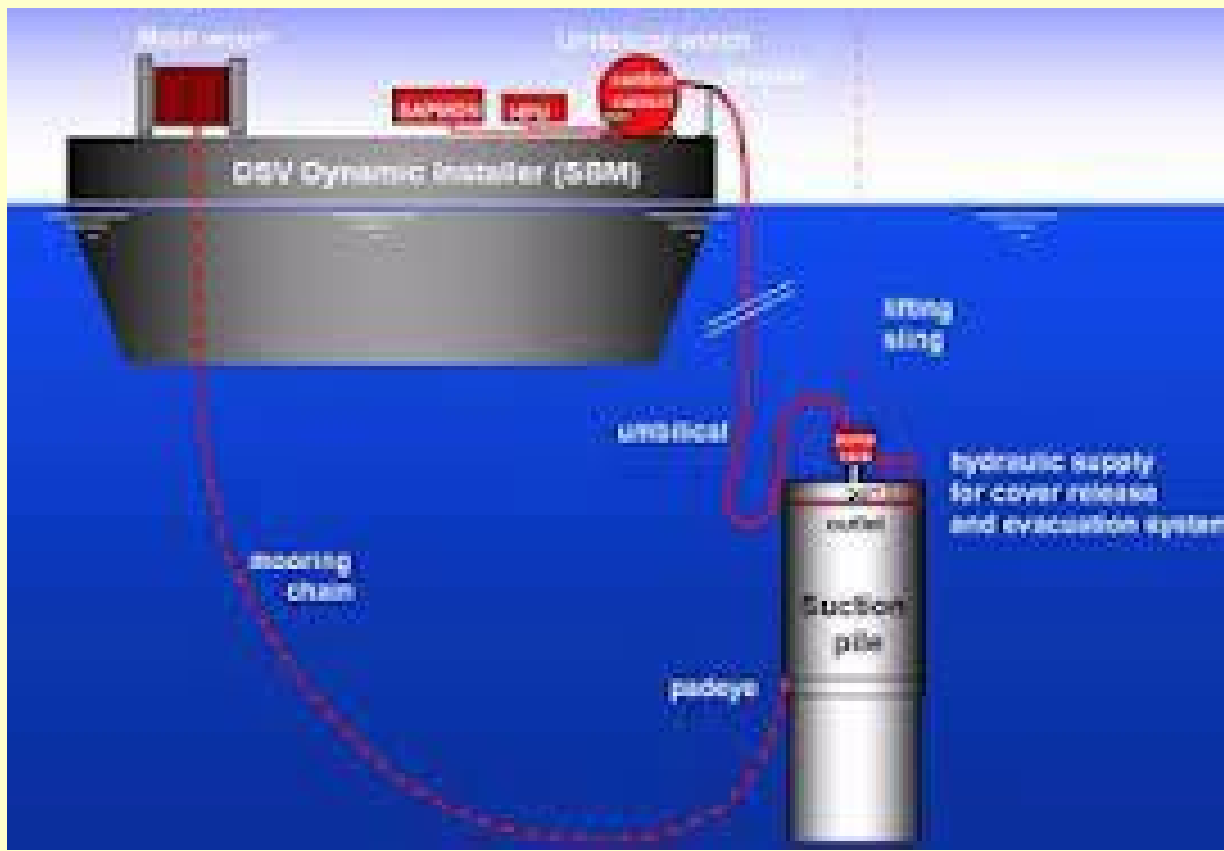
# شمع مکشی

این نوع شمع در  
عمق زیاد در زیر آب  
اجرا می گردد.



# شمع مکشی

لوله فلزی یا بتنی با مکش پمپ در زمین  
ماسه‌ای یا رسی فرو می‌رود.



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



## شمع مکشی (Suction Pile)

اتصال لوله مکش به سر شمع  
مکشی قبل از قراردادن شمع  
روی بستر دریا



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

قرار دادن شمع مکشی  
در دریا



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

قرار دادن شمع  
مکشی در دریا





اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

# قرار دادن شمع مکشی در دریا





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

قرار دادن شمع مکشی  
به عنوان پی سکوی  
دریایی و سپس نصب  
در روی بستر دریا

Gaz de France Q13



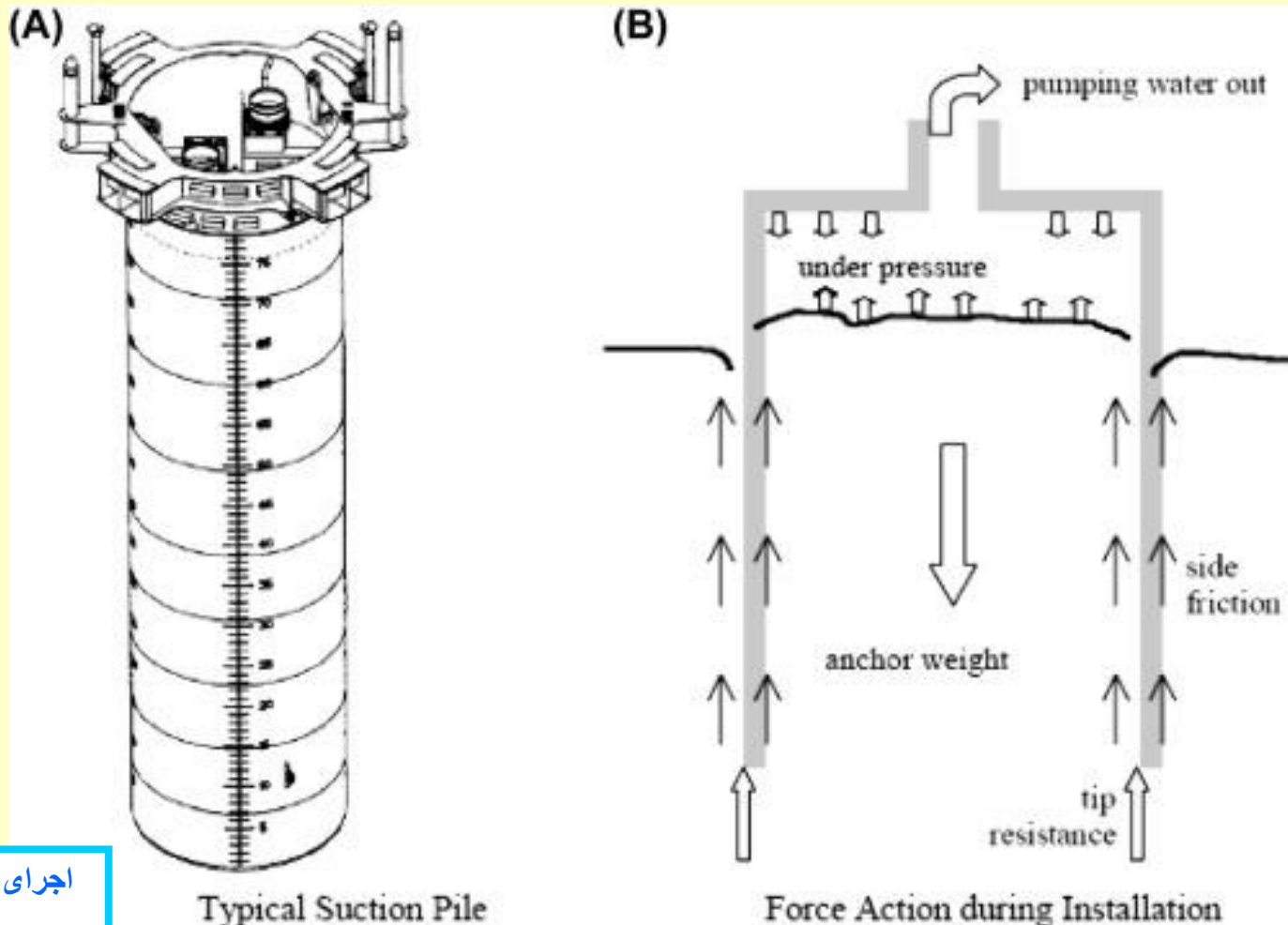
اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



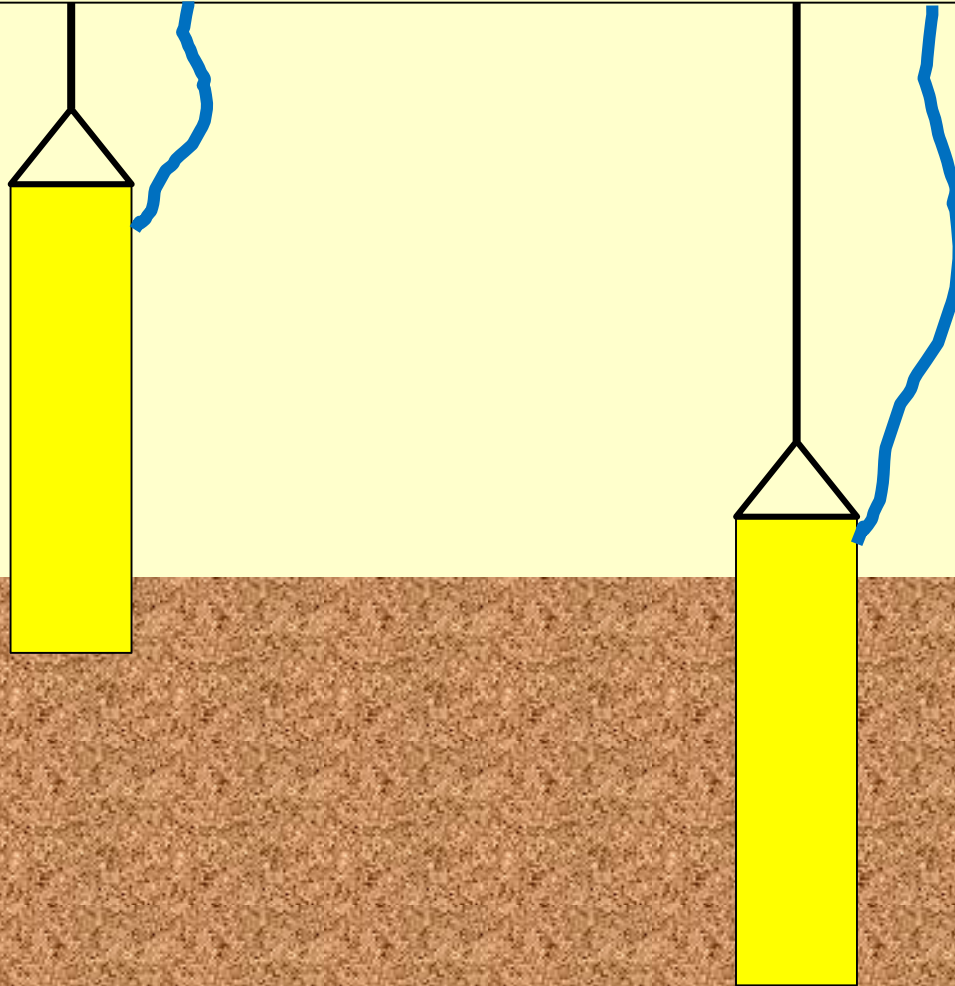
قرار دادن شمع مکشی  
به عنوان پی توربین  
بادی دور از ساحل  
سپس نصب در روی  
بستر دریا

پس از قرارگیری شمع مکشی روی بستر دریا، پمپاژ انجام می شود و شمع در خاک فرو می رود.



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

پس از قرارگیری شمع مکشی روی بستر دریا، پمپاژ انجام می شود و شمع در خاک فرو می رود.



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

# نمونه ای از پمپ های مورد استفاده



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

# شمع پیچی

## Screw Pile



## شمع پیچشی

□ شمع پیچشی در حقیقت همانند یک شمع معمولی، از یک شفت که معمولاً به صورت لوله است تشکیل شده و در انتهای آن یک **عضو مارپیچی** از جنس فولاد پر مقاومت با قطری بزرگتر از قطر شفت متصل شده است.

□ روش اجرای شمعهای پیچی به این صورت است که دستگاه سرشمع را در خاک پیچ می‌کند، یعنی با پیچاندن سرشمع به صورت دورانی، آن را در خاک فرو می‌برد.



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

# چند نوع پیشی سبک





شمع های  
پیچشی سبک را  
می توان با  
دوران ناشی از  
تجهیزات سبک  
به داخل زمین  
راند.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



فرو بردن  
شمع های  
پیچشی در  
خاک با  
استفاده از  
دستگاه های  
هیدرولیکی  
حفاری  
دورانی



فروبردن شمع های  
پیچشی در خاک با  
دستگاه های حفاری  
دورانی گمانه هم  
مقدور است.



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



فرو بردن شمع  
پیچشی با  
دستگاه  
هیدرولیکی



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

فانوس دریایی مستقر  
بر شمعه‌های پیچشی  
**Screw-pile  
lighthouse**



Sketch of the  
screw at the  
end of the pile

SCREW-PILE RIVER LIGHTHOUSE





## کاربرد شمعه‌های پیچشی

- اجرای شمعه‌های موقت (چون با پیچاندن در جهت معکوس می‌تواند از خاک خارج شود)
- تقویت زیر پی ساختمانهای موجود (چون اجرای آن موجب ارتعاش زیاد نمی‌شود)
- استفاده برای تحمل بارهای کششی (Uplift) بزرگ در مقایسه با شمع لوله ای



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

# کاربرد شمعهای پیچشی

□ مناسب برای **خاک ریزشی**

□ مناسب برای شرایط **ارتزین**



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

# اجرای یک اسکله سبک در کانادا با استفاده از شمعهای پیچشی





اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



اجرای یک اسکله سبک  
با شمعیهای پیچشی

# اجرای شمع های پیچشی



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



# موفق باشید

علی فاخر

جزیره آشوراده (در آبهای دریاچه خزر-استان گلستان)  
عکس از فریدون قارنی

