

ساخت و اجرای  
شمعهای کوبیدنی

Driven Piles

۱



۱

## جنس شمعهای کوبیده شده

- **چوبی** (با مقطع دایره یا مربع)
- **بتنی** پیش ساخته (توپر یا توخالی)
- **بتنی** پیش تنیده (توپر یا توخالی)
- **فولادی** (با مقطع H یا مقطع توخالی به شکل دایره یا مربع)

۳

## ساخت شمع های فولادی

۴

## شمعهای فولادی

- شمع های فلزی معمولاً از لوله های فولادی بوجود می آید.
- قطعات لوله معمولاً ۱۲ متری هستند که از جوش دادن آنها به هم شمع به طول مورد نظر بدست می آید.
- معمولاً دو لوله اول (مجموعاً به طول ۲۴ متر) را قبلاً جوش می دهند و بقیه قطعات را پس از کوبش مقداری از شمع، در محل جوش می دهند
- هرچه تعداد بیشتری لوله از قبل به هم جوش داده شود، جوشکاری در محل کمتر می شود. ولی جرتقیل با بوم بزرگتر نیاز خواهد بود.

۵

## شمعهای فولادی (ادامه)

- لوله های فولادی مورد استفاده در ساخت شمع فولادی در کارخانه های نورد و تولید لوله تولید می شوند.
- تولید لوله در کارخانه معمولاً با اتصال ورق های فولادی مستطیل شکل انجام می شود.
- اگر قطر شمع زیاد باشد، طول ورق های فولادی معمولی کمتر از محیط شمع خواهد بود. در این مواقع یکی از دو روش ذیل بکار می رود:
- استفاده از ورق های طویل تر که گران تر هستند.
- اتصال ورق ها بصورت مارپیچی (spiral) که کاربرد سازه ای آنها محدودیت هایی دارد.

۶



## حداقل ضخامت شمع‌های فولادی کوبیدنی

□ برای شمع‌های فولادی لوله ای به قطر  $D$  که تحت ضربات سنگین حین کوبش قرار می‌گیرند (۸ ضربه به ازای هر سانتی متر فرورفت)، حداقل ضخامت دیواره ( $t$ ) به قرار ذیل است:

$$t(mm) = 6.25 + \frac{D(mm)}{100}$$

□ ضخامت محاسباتی سازه شمع فولادی لوله ای معمولاً براساس ترکیب تنش‌های محوری و خمشی حساب شده و در طول آن متغیر است. لیکن حداقل مقدار ضخامت نباید از فرمول بالا کمتر باشد. معمولاً در نهایت لوله با ضخامت یکسان در عمل به کار می‌رود.

## عملیات آماده سازی شمع های فولادی

۱- پاکسازی سطح فولاد (زنگ زدایی)

۲- رنگ آمیزی

۳- ساخت و مونتاژ

۹

## برخی روشهای پاکسازی سطح فولاد

□ برس سیمی (دستی یا مکانیکی)

□ سند بلاست (جریان سریع ماسه ریز دانه)

۱۰

## عملیات سند بلاست



۱۱

## رنگ آمیزی

□ توسط دمیدن هوا (Air blast) سطح لوله از گرد و غبار ناشی از سند بلاست پاک شده و آماده رنگ آمیزی می گردد.

□ پس از خشک شدن رنگ لایه اول و کنترل ضخامت لایه اول، رنگ آمیزی لایه بعدی انجام می شود.

۱۲

## تجهيزات مونتاژ شمع

□ برای رسیدن به طول مورد نظر شمع باید چند لوله کنار هم مونتاژ گردند. جهت سهولت در عملیات مونتاژ دو لوله، یک روش مناسب استفاده از غلطکهای مخصوص جوشکاری لوله ها است. غلطکهای مذکور، لوله ها را در موقع جوشکاری می چرخانند.

۱۳

## نصب غلتک ها بر روی فنداسیون

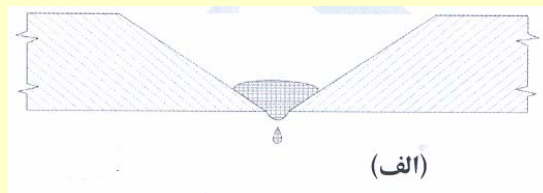




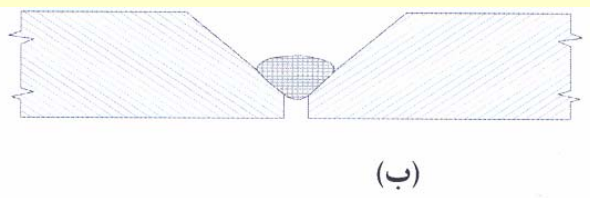
قرار دهی لوله بر روی غلتک‌ها به منظور انجام  
عملیات برشکاری و جوشکاری



برای جلوگیری از ریزش جوش (شکل الف)، ضخامتی به  
عنوان ریشه در نظر می‌گیرند (شکل ب).



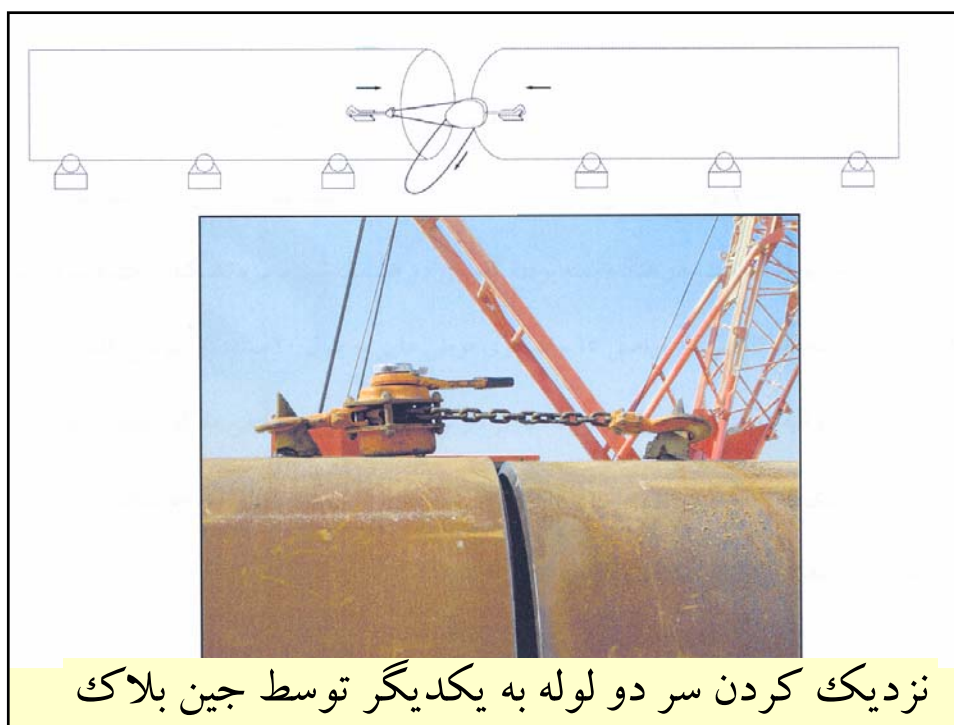
(الف)

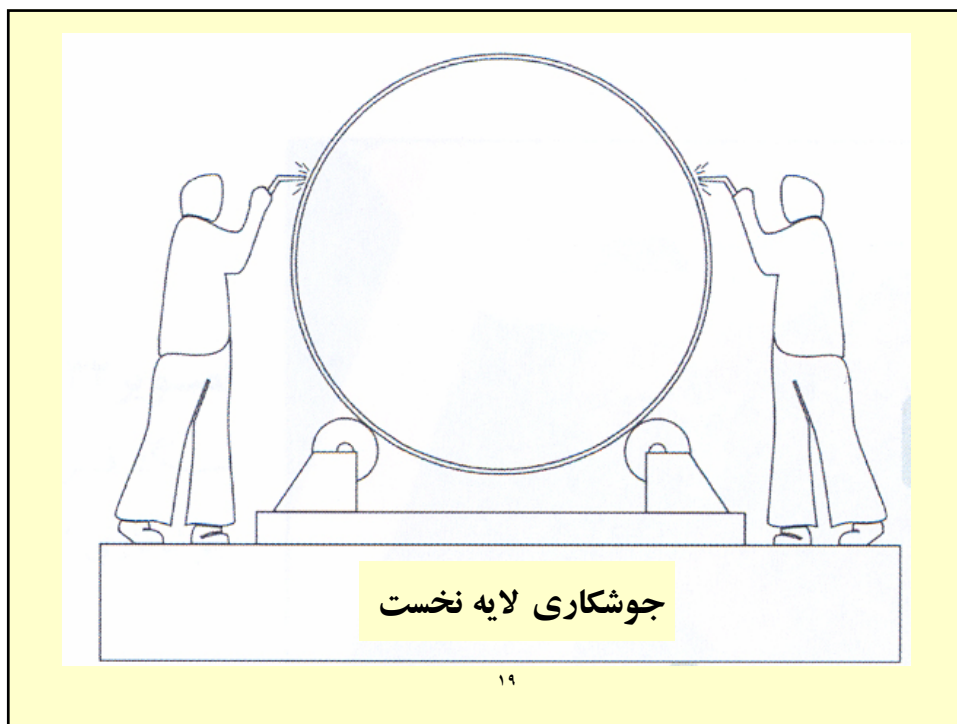


(ب)

هرگونه ریزش جوش، در  
طول کانال کم عرض  
ریشه متوقف می‌شود.





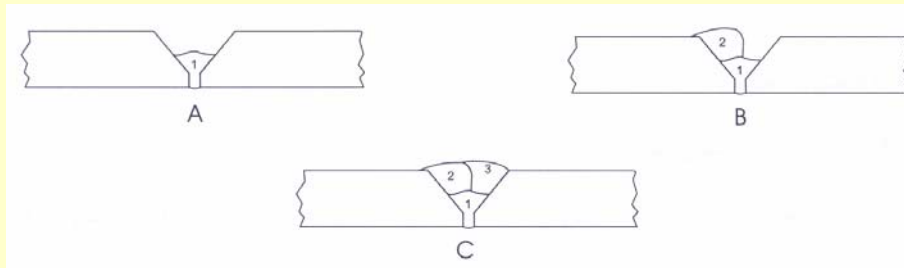


۱۹



۲۰

## پاسهای مختلف جوشکاری



۲۱

## جوش دادن قطعات شمع به هم پس از کوبش قطعه اول



جوشکاری در محل وقت گیر است و مدت زمان کار در دریا را افزایش می دهد.



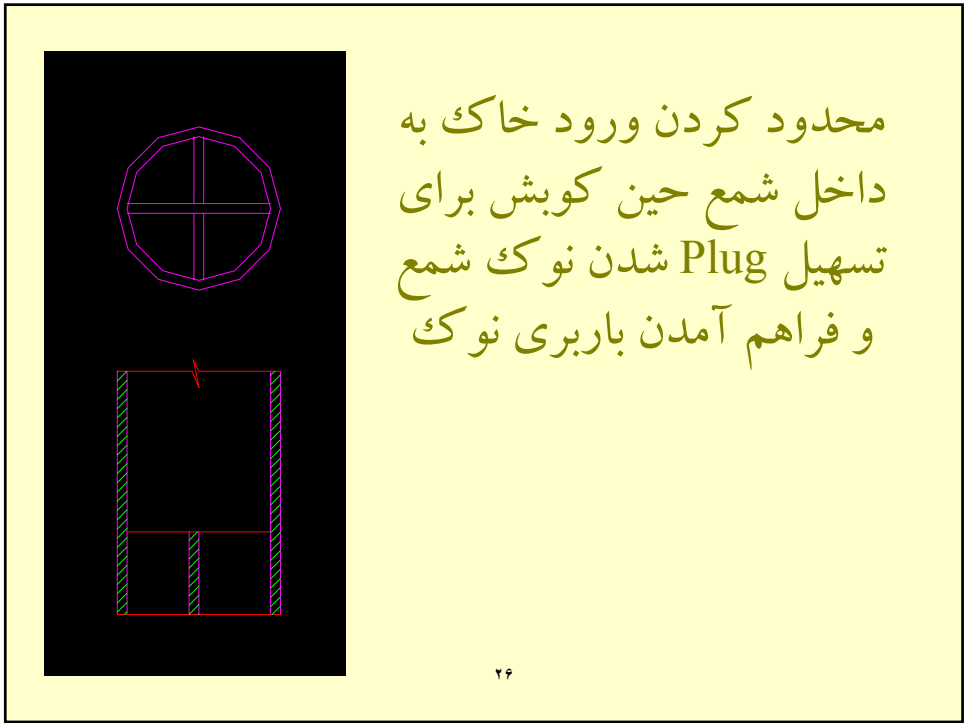
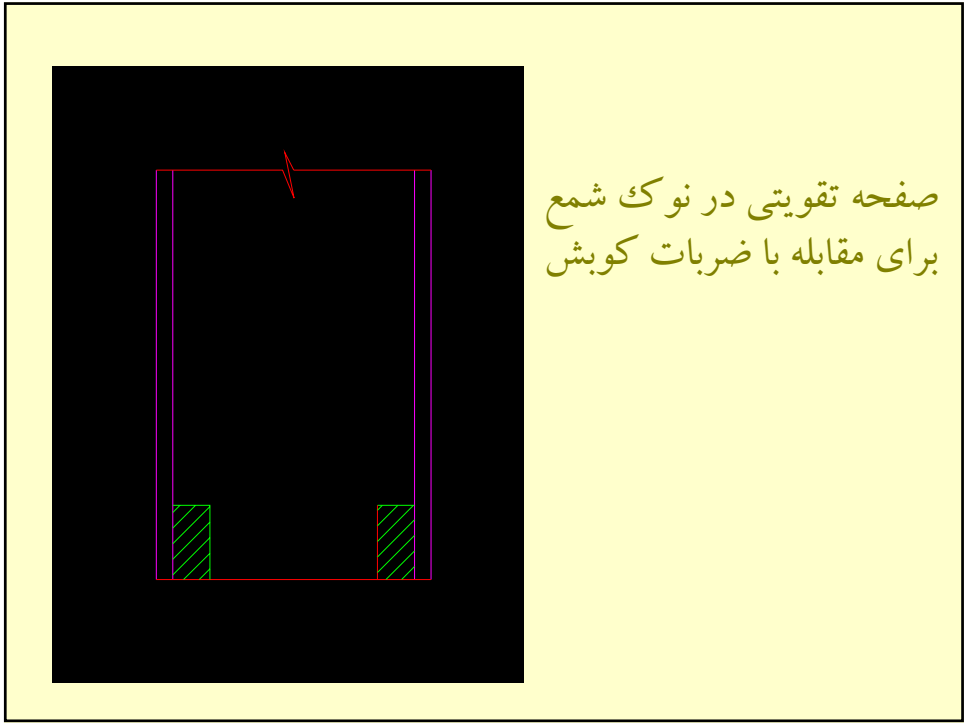


جوش دادن قطعات با  
جوش نفوذی و با کمک  
ورق و جوش لب

توضیح: به دلیل طول زیاد شمع ها  
اغلب لازم است برخی از لوله ها  
در محل متصل شوند.

اتصال لوله ها در محل





## Tetrapan



ساخت شمع بتنی کوبیدنی

## آماده سازی شبکه میلگرد برای شمع بتنی



## قالب بندی شمع بتنی

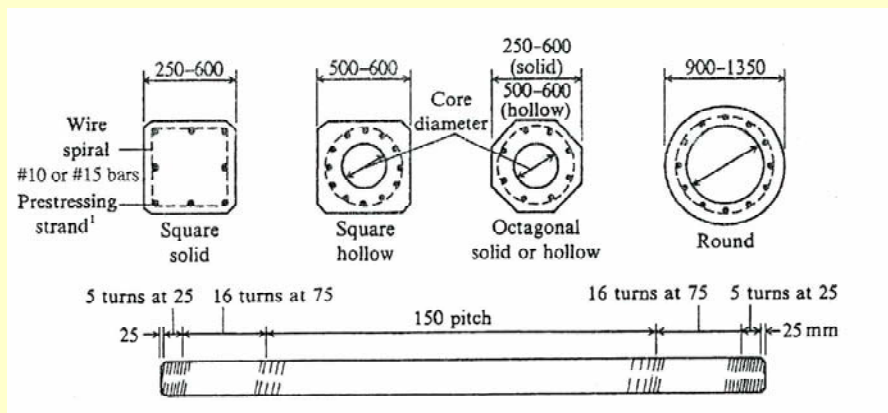




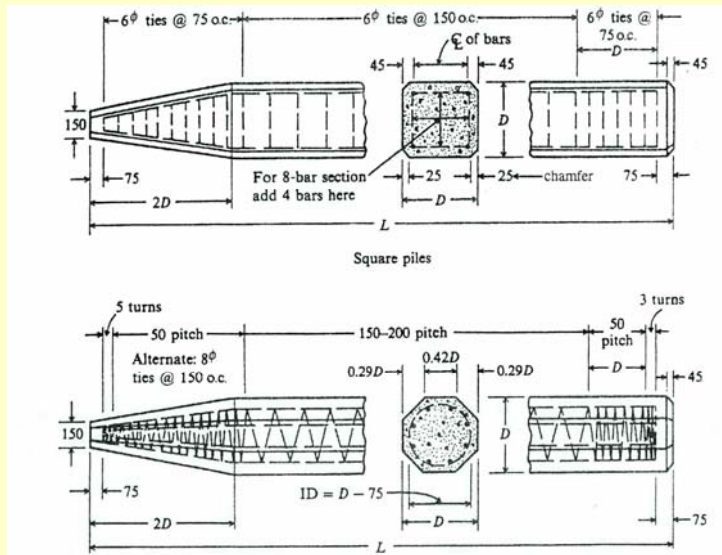
## بتن ریزی و عمل آوری



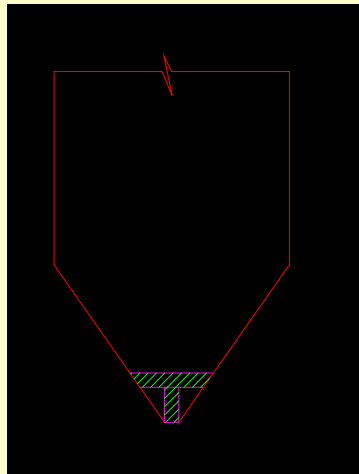
## نمونه هایی از مقاطع شمع های بتنی کوبشی



## نمونه هایی از دتایل نوک شمع های بتنی کوبشی

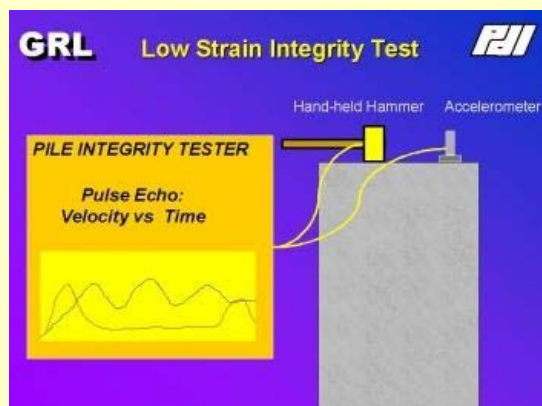


## مثالی از دتایل تقویت نوک شمع بتنی جهت تحمل ضربات حین کوبش



□ اتصال قطعه فولادی به نوک شمع بتنی در زمینهای سخت

کنترل ترک خوردگی برای مقابله با خوردگی بسیار ضروری است.



□ بر کاهش احتمال ترک خوردگی می‌توان از افزایش مقاومت کششی بتن یا سبک کردن چکش شمع کوبی بهره جست.

۳۵

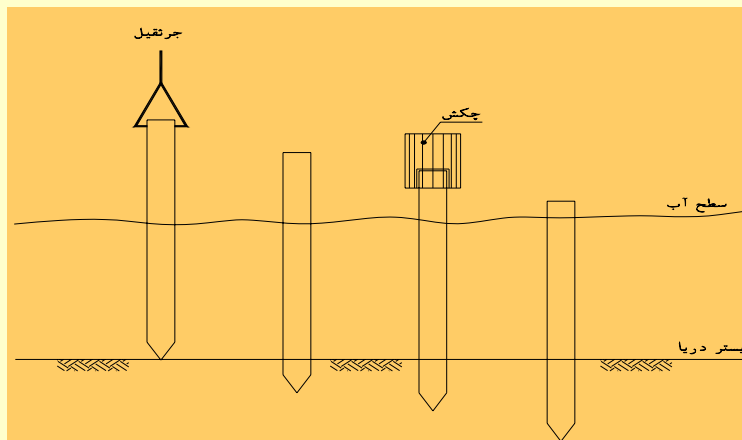
## اجرای شمعهای کوبیدنی

Driven Piles

۳۶

## شمع های کوبیدنی

شمع های کوبیدنی را نخست با جرثقیل در محل مورد نظر قرار می دهند و سپس چکش بر روی آنها قرار می گیرد و عملیات کوبش انجام می شود.



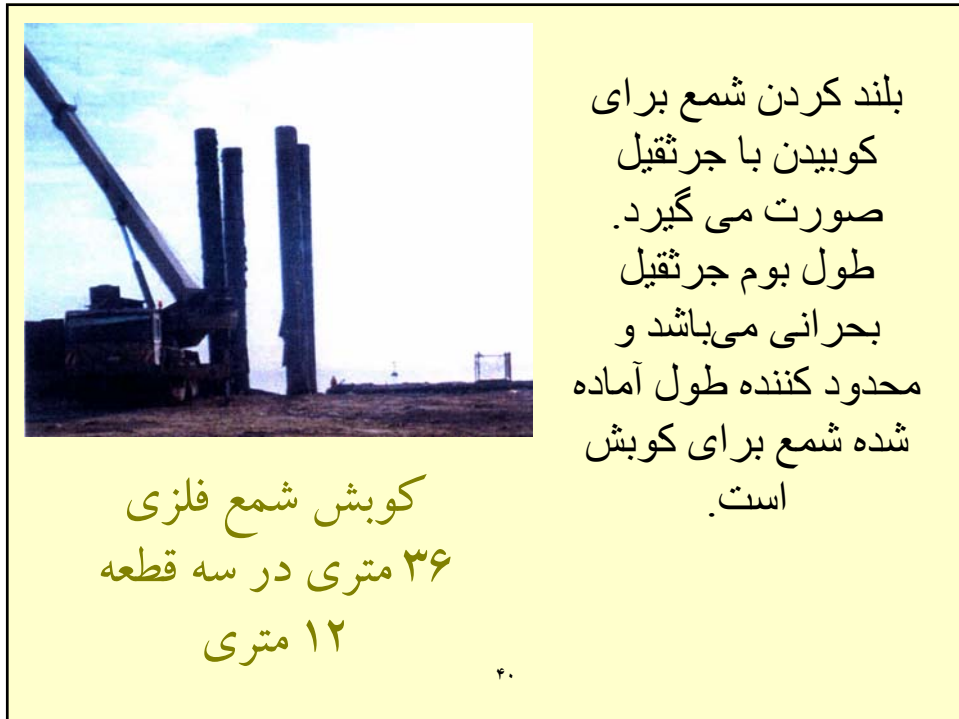
۳۷



کوبش شمع فلزی  
در بندر پتروشیمی  
(عسلویه)  
در خشکی



قرار دادن  
چکش  
روی شمع  
و کوبش



بلند کردن شمع برای  
کوبیدن با جرثقیل  
صورت می گیرد.  
طول بوم جرثقیل  
بحرانی می باشد و  
محدود کننده طول آماده  
شده شمع برای کوبش  
است.

کوبش شمع فلزی  
۳۶ متری در سه قطعه  
۱۲ متری

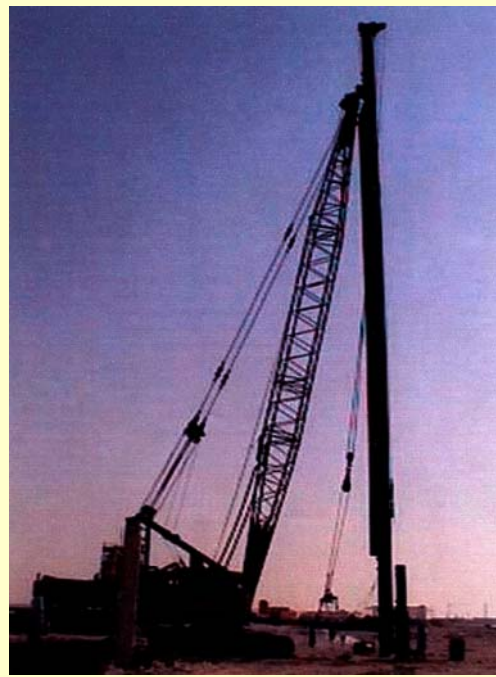
حمل شمع بتنی پیش ساخته توسط شابلون به محل کوبش



بلند کردن شمع بتنی پیش ساخته توسط شابلون در محل کوبش







## کوبش شمع قائم بتنی در بوشهر

### عملیات کوبش شمع قائم

- ابتدا به شمع اجازه فرورفت تحت وزن خود را می دهند. سپس شمع کوبی انجام می شود.
- در ابتدای فرورفت شمع معمول است که چکشهای سبک (چکش بادی یا ویبره ای) به کار رود.
- بایستی راستای شمع با دوربین نقشه برداری کنترل گردد. گاهی انحراف از قائم را می توان اصلاح کرد و گرنه باید شمع را بیرون کشید.





استقرار چکش روی  
شمع و عملیات  
کوبش شمع قائم

اصلاح انحراف جزئی از  
قائم با فشار جانبی بیل  
مکانیکی که همواره قابل  
توصیه نیست.

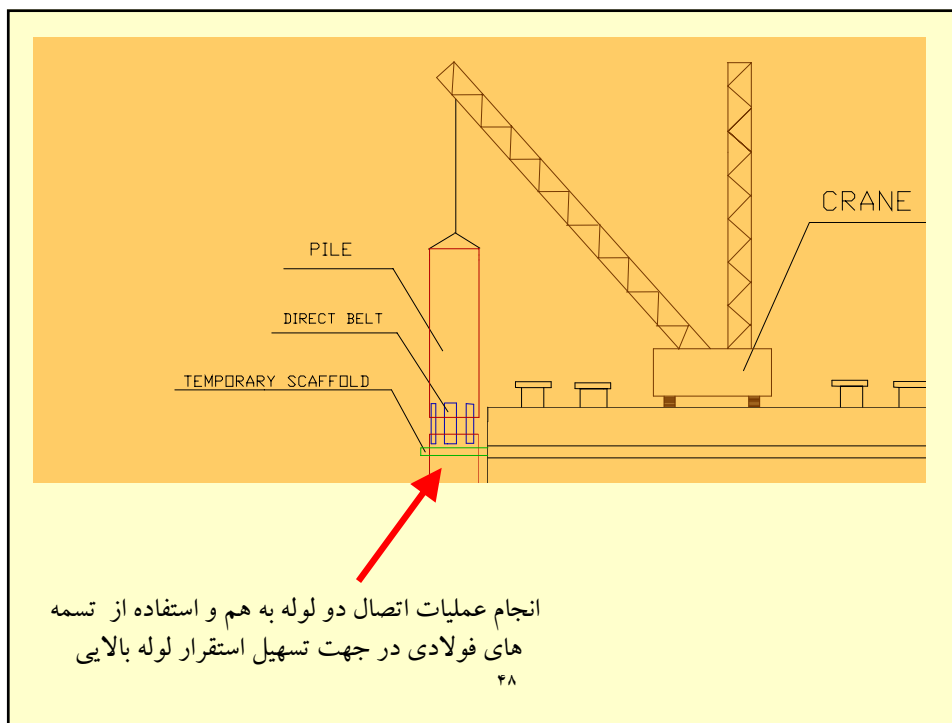


جوش دادن قطعات شمع به هم  
(در اینجا از تسمه های فولادی استفاده نشده است)

## عملیات کوبش شمع قائم (ادامه)

□ بعد از کوبش **لوله اول** تسمه هایی از ورق فولادی تهیه شده و نصف طول تسمه ها بر روی محیط لوله پایینی شمع جوش می شود، بطوریکه **لوله بعدی** در محل مورد نظر بر روی لوله کوبیده شده مستقر گردد و عملیات سرهم کردن دو لوله به راحتی انجام شود.

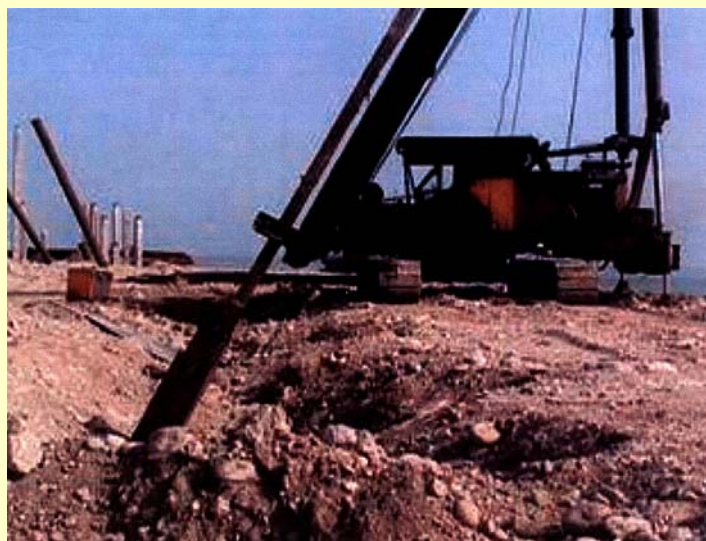
۴۷



تسمه‌های فولادی جوش داده به شمع در محل اتصال دو لوله



کوبش شمع مایل فلزی



## رواداری مجاز ساخت و اجرای شمع

- رواداری محل سرشمع در پلان:  $\pm 15cm$  یا  $\pm 7.5cm$  به شرطی که در تحلیل تنش های عرشه و سایر اجزاء سازه ای مورد نظر باشد
- رواداری میل (کج شدگی شمع نسبت به راستای قائم): حدود  $\pm \frac{1}{75}$
- رواداری اعوجاج (هم راستا نبودن دو قطعه تشکیل دهنده شمع که به هم جوش می شود) ناچیز می باشد.

۵۱

## انواع چکش شمع کوبی

- سقوطی
- تک مرحله ای (بادی، بخاری)
- دیزلی
- چند مرحله ای
- ویره ای

۵۲

## چکش سقوطی

□ وزنه با جرم ثقیل یا موتور (۱ تا ۵ تن) بلند شده و رها می گردد.

- برای ظرفیتهای کوچک شمع کوبی مانند شمعیهای چوبی با فرورفت کم به کار می رود.
- این نوع چکش چندان متداول نیست.

۵۳

## چکش تک مرحله ای بادی

□ وزنه با نیروی هوای فشرده بالا می رود و در اثر قطع ناگهانی فشار هوا، سقوط می کند.

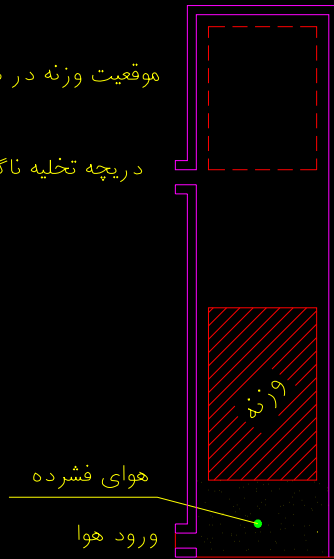
- با توجه به امکان محدود کردن ارتفاع سقوط، برای شمع های بتنی و چوبی خیلی مناسب می باشد.
- در خاک رسی سفت و سخت مناسب است (ضربه سنگین و ارتفاع کم)
- برای وزنه های سنگین تر از بخار آب بجای هوای فشرده استفاده می شود.

۵۴

## تصویر شماتیک چکش بادی

موقعیت وزنه در شرایط تخلیه هوا و آغاز سقوط

دریچه تخلیه ناگهانی هوا



## چکش تک مرحله‌ای هیدرولیکی

- وزنه توسط فشار روغن بالا می‌آید.
- فشار چکشها به وسیله پمپ هیدرولیک تنظیم می‌گردد.
- علاوه بر کاربرد در خشکی، در زیر آب قابل استفاده است.
- امکان محصور کردن با قوطی‌های ضد صدا وجود دارد.

## چکش دو مرحله‌ای

□ بالا رفتن وزنه با نیروی بخار یا هوا انجام می‌شود و سقوط وزنه در اثر وزن و اختلاف فشار بالا و پایین پیستون انجام می‌گیرد.

□ علاوه بر دریچه تحتانی برای ورود سیال، دریچه دیگری در بالا برای اعمال فشار در هنگام سقوط وزنه وجود دارد.

□ این نوع چکش ضربه‌های سریع و پی در پی اعمال می‌کند و مناسب در خاک دانه‌ای است.

۵۷

## چکش دیزلی

□ وزنه به هنگام پایین رفتن، هوای داخل سیلندر را فشرده می‌کند و پاشیدن سوخت به داخل محفظه انفجار، روی می‌دهد. همزمان با انفجار شمع به پایین و وزنه به بالا پرتاب می‌شود.

□ متداولترین چکش در کارهای شمع کوبی در خشکی و دریا است و در اغلب شرایط قابل استفاده می‌باشد

□ در خاک رسی نرم مناسب نیست زیرا مکانیزم عملکرد آن تابع عملکرد خاک است. اگر خاک نرم باشد، شمع در اثر سقوط وزنه فرو می‌رود. ولی سوخت بصورت پودر در نمی‌آید و فشرده شدن هوا اتفاق نمی‌افتد.

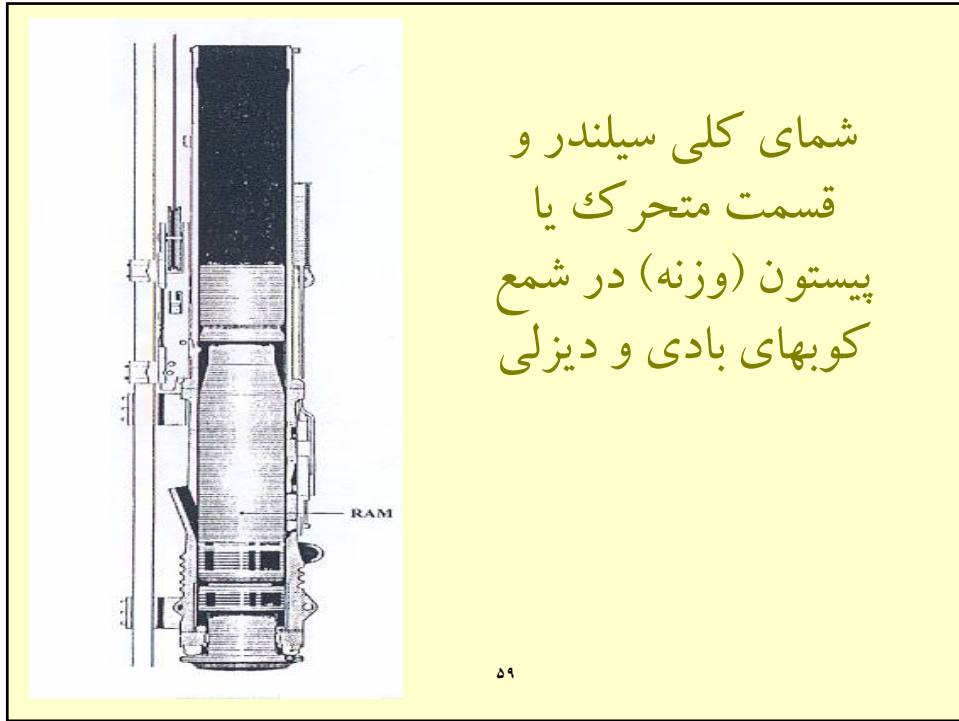
□ ضربه در این نوع چکش‌ها مدت دار و موثرتر است.

□ وزن چکش دیزلی

• K60 یا D60 : 6 ton

• K100 یا D100 : 10 ton<sup>۵۸</sup>







## چکش و بیرهای (ارتعاشی)

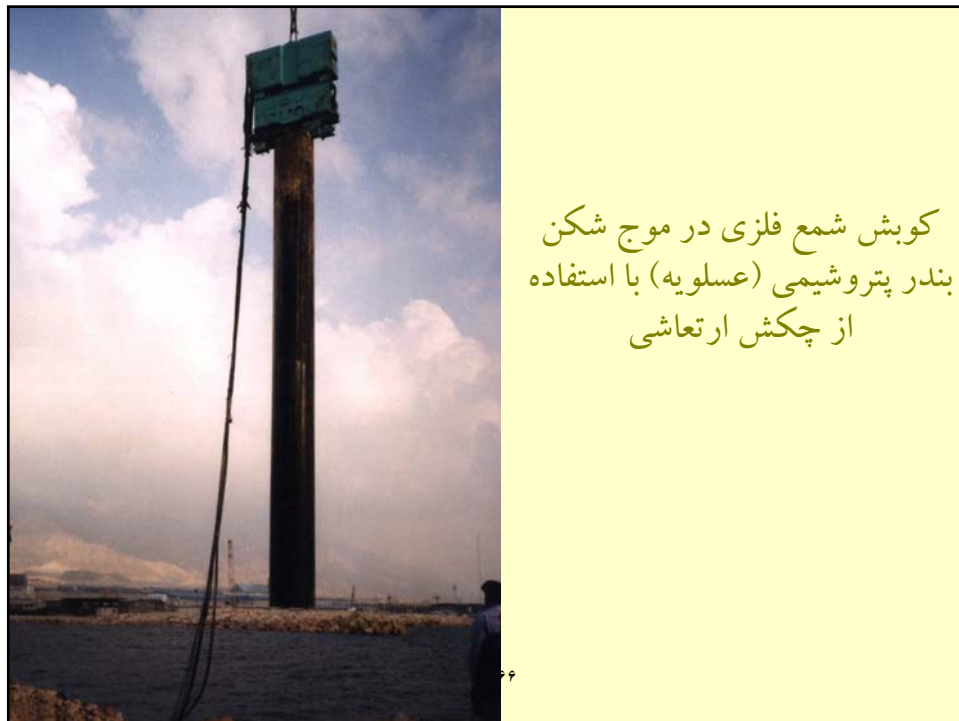
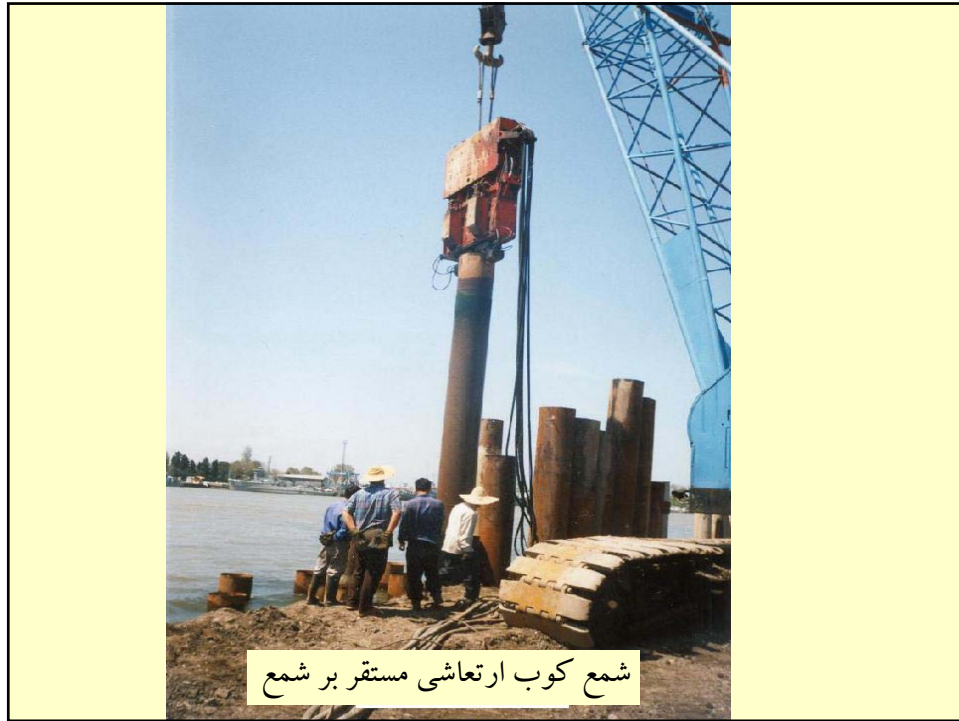
- ❑ چکش بر روی شمع می نشینند و چند چرخ در داخل فک چکش و بیرهای می چرخد و لنگ می زند و تولید ارتعاش می کند، این ارتعاش خاک اطراف شمع را جابجا می کند و شمع نفوذ می کند.
- ❑ چکش و بیرهای کوچک نیروی کافی برای کوبش نهایی شمع را ندارد، به همین جهت از اینها برای انجام کوبش اولیه شمع استفاده می شود و در نهایت چکش دیزلی استفاده می شود.
- ❑ برای خاکهای دانه‌ای و شمع‌های با تغییر مکان کم (H شکل یا ته باز قبل از پلاگ) مناسب است.
- ❑ حدود ۱۰ میلیمتر دامنه ارتعاش و ۱۰ تا ۴۰ هرتز فرکانس ارتعاش چکش و بیرهای است.



جهت تأمین هوای لازم جهت نیروی محرکه  
شمع کوب ارتعاشی یا چکش بادی<sup>۶۳</sup>



۶۴

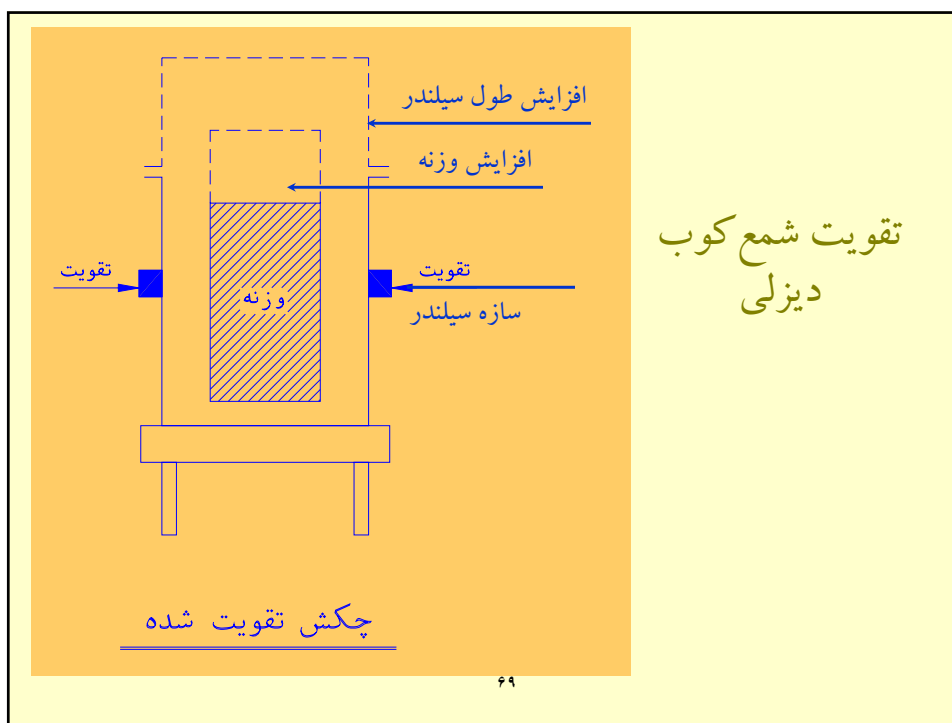




مرحله نهایی کوبش شمع فلزی با چکش ارتعاشی

### تجربه تقویت شمع کوب در اسکله تخلیه نفت خام (دهه ۵۷۰.ش.)

- طبق نظر مشاور به شمع کوب دلماگ ۶۲ برای کوبش شمع به قطر ۵۶ اینچ نیاز بود. جنس خاک در بالا سیلت- ماسه و در نهایت به رس سخت می‌رسید.
- پیمانکار به دلیل عدم دسترسی به شمع کوب بزرگ، شمع کوب موجود را تغییر داد. برای این کار طول سیلندر، وزن وزنه و مقدار سوخت در تزریق برای هر ضربه افزایش داده شد و سازه سیلندر هم تقویت گردید.
- این تجربه برای درک بهتر نحوه عملکرد شمع کوب دیزلی ذکر شد



## تقویت شمع کوب دیزلی

### نکات کوبش (ادامه)

- ❑ حداکثر ظرفیت جرثقیل و همچنین طول بوم (boom) یا تیرک جرثقیل در انتخاب طول شمع یا طول قطعات آن موثر است.
- ❑ **لنگر خمشی ایجاد شده در طول شمع باید هنگام بلند کردن کنترل شود.**
- ❑ زمان جوشکاری قطعات شمع فولادی در محل طولانی است و تأثیر زیادی بر مدت عملیات اجرایی و توقف سایر تجهیزات دارد.
- ✓ به عنوان مثال مدت زمان جوشکاری شمع ۵۴ اینچی :  
قطر دیواره ۱ اینچ: بیش از ۳ ساعت  
قطر دیواره ۲/۵ اینچ: بیش از ۱۰ ساعت

## نکات کوبش (ادامه)

□ عملیات کوبش شمع باید حتی الامکان بصورت پیوسته انجام شود. زیرا در اثر وقفه، مقاومت خاک افزایش یافته (set up) و مانع فرورفت کافی می شود. در نتیجه به چکش بزرگتر نیاز خواهد شد.

✓ set up هنگام اجرا عامل مزاحم است .

✓ set up پس از اتمام اجرا، عامل مثبت بزرگی می باشد و موجب افزایش باربری شمع می شود.

۷۱

## نکات کوبش (ادامه)

□ اگر با تعداد ضربه زیاد شمع فرو نرفت، لزوماً دلیل نمی شود که شمع به مقاومت کافی فشاری یا کششی رسیده است. یعنی نمی توان گفت که طول فرو رفت شمع کافی است.

✓ ممکن است نیاز به حفاری و تمیز کردن Plug درونی، استفاده از Jet آب، استفاده از ضربات بیش از مقدار مقرر شده، چکش بزرگتر و خرد کردن لایه سخت با تترایان باشد.

✓ وقتی ضربات زیاد می شود ممکن است نوک شمع وارد یک لایه نازک سخت شده و افزایش تعداد ضربات گمراه کننده باشد.

۷۲



گاهی لهیدگی سر شمع در اثر کوبش بوجود می آید



- در صورت بروز لهیدگی می توان آن بخش را برید.
- بهبود بالشتک ها یا افزایش ضخامت شمع برای جلوگیری از لهیدگی



نمونه ای از لهیدگی نوک شمع در اثر کوبش



نمونه هایی از لهیدگی نوک  
شمع در اثر کوبش

## مباحث خاص کوبیدن شمع های بتنی

- ❑ ترک خوردگی بتن حین کوبش باید کنترل شود.
- ❑ نیاز به اصلاح سرشمع به دلیل تخریب ناشی از ضربات چکش وجود دارد.

اغلب تخریب سرشمع بتنی در اثر کوبش بروز می‌کند. پس از اتمام کوبش باید بتن خرد شده را تخریب کرد و میلگردها را به شکل اولیه درآورد و سپس سرشمع را بتن ریزی کرد.



۷۷

## واپس زدگی شمع:

فرورفت شمع عملاً پیشرفتی نشان نمی‌دهد

□ اگر شرایط واپس زدگی (refusal) در کوبش شمع بروز کرد، به معنای کافی بودن طول فرورفت شمع نیست.

□ در شرایط واپس زدگی باید عملیات کوبش را متوقف کرد و علت بروز واپس زدگی را بررسی نمود.

۷۸

## دلایل کاذب واپس زدگی شمع:

- ۱- کوچک بودن چکش مورد استفاده
- ۲- انسداد ته شمع (Plug)
- ۳- برخورد شمع به لایه مستحکم و متراکم (که ممکن است ضخامت لایه مستحکم ناچیز باشد یا لایه مزبور بر روی یک لایه سست باشد).

۷۹

## واپس زدگی (refusal) شمع

- تعداد ضربات کوبش برای واپس زدگی شمع به عنوان تعداد ضرباتی شناخته می‌شود که فرورفت شمع عملاً پیشرفتی نشان نمی‌دهد.  
**واپس زدگی شمع تعداد ضرباتی است که حالات زیر را در برگیرد:**
  - ۱۲۵ ضربه در هر ۲۵ سانتیمتر در طول ۱/۵ متر نفوذ
  - ۱۲۵ ضربه در هر ۲۵ سانتیمتر که به ۲۰۰ ضربه در ۲۵ سانتی متر در طول ۱ متر نفوذ افزایش یابد.
  - ۲۰۰ یا تعداد بیشتر ضربه در هر ۲۵ سانتی متر برای رسیدن به تمام نفوذ مورد نیاز
- موارد بالا برای کوبش بی‌وقفه درست است. در حالتی که کوبش متوقف شده و دوباره آغاز شود. در این صورت واپس به صورت زیر تعریف می‌شود:
  - ۳۲۵ ضربه در هر ۲۵ سانتی متر نفوذ در طول اولین ۲۵ سانتی متر نفوذ

## شرایط لازم برای واپس زدگی شمع طبق طبق API

□ تعریف API RP2A:

- ✓ Refusal کوبش شمع در شرایطی است که مقاومت از ۳۰۰ ضربه بازای هر فوت در ۵ فوت متوالی یا ۸۰۰ ضربه بازای یک فوت تجاوز کند. شرط تعریف بالا آن است که وزن شمع از ۴ برابر وزن Hammer ram بیشتر نشود.
- ✓ اگر وزن شمع از مقدار بالا بیشتر شود، تعداد ضربه به تناسب زیاد می شود. لیکن نباید از ۸۰۰ ضربه بازای ۶ اینچ تجاوز کند.

۸۱

□ اگر حین کوبیدن شمع لوله ای ته باز به لایه سخت رسیدیم، لیکن نیاز به افزایش فرو رفت شمع باشد، یکی از راه های ذیل قابل استفاده است:

- تراپان برای خرد کردن لایه سخت
- حفاری خاک درون شمع
- بکار گیری جت آب برای تسهیل فرورفت

۸۲



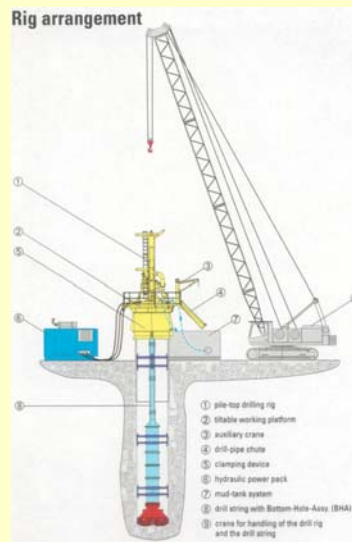
تتراپان برای خرد کردن لایه سخت



حفاری خاک درون شمع



Rig arrangement





## روشهای تحمل وزن چکش حین شمع کوبی

۱- توسط دکل

۲- استقرار چکش روی شمع

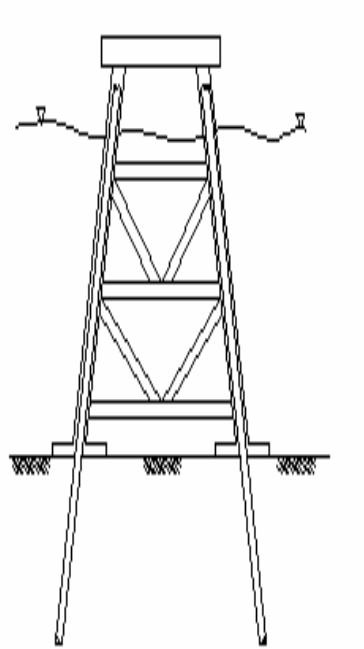
۸۵

## انواع دکل

**دکل متکی بر جرثقیل (دکل معلق)**: دکل وزن شمع را تحمل می کند و با جرثقیل استقرار می یابد و تنظیم می شود.

**دکل کامل**: دکل روی زمین است و وظیفه تحمل وزن چکش و همسوسازی راستای چکش و شمع را دارد و همچنین دارای هادی است.

۸۶



## Jacket در شمع در یا سکوه‌های شابلونی

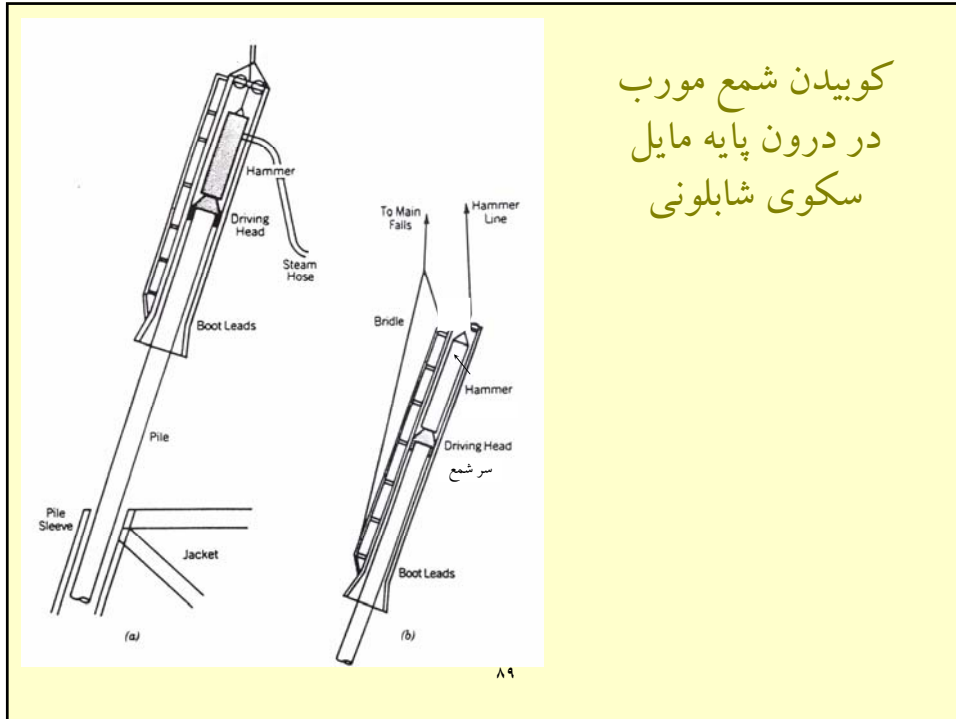
۸۷



## قراردهی شمع در پایه ژاکت

۸۸

کوبیدن شمع مورب  
در درون پایه مایل  
سکوی شابلونی



مثال:

کوبش شمع فولادی در حوضچه خشک  
کشتی سازی بندرعباس (۱۳۸۳)

1

انتقال لوله‌های فولادی به محل با تریلی



2

انبار کردن شمعیهای فولادی مارپیچی



3



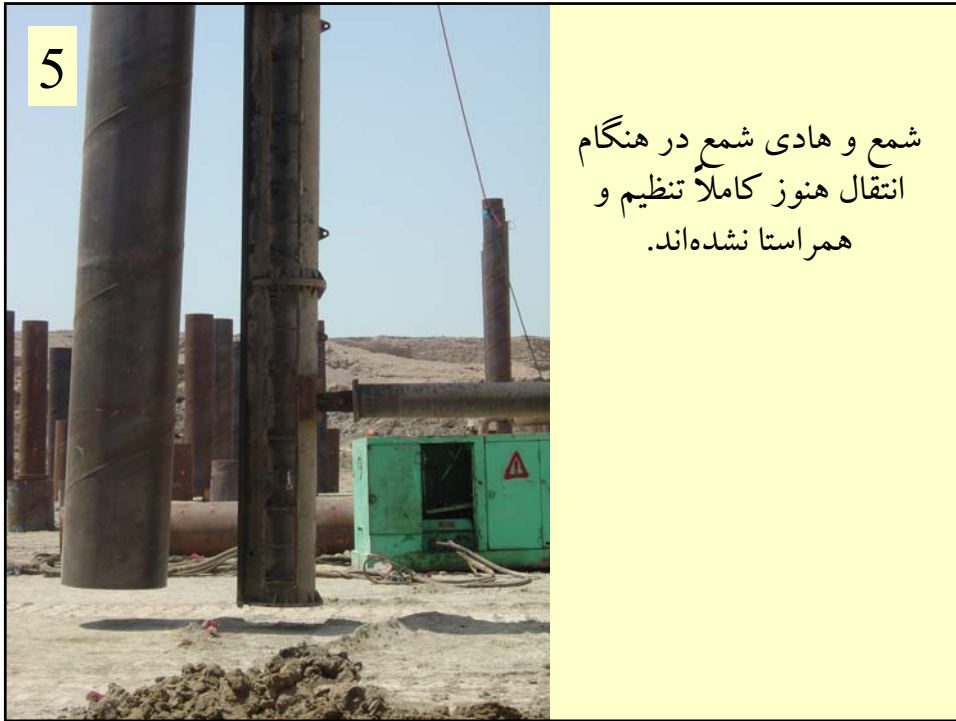
بلند کردن هادی شمع و  
شمع با جرثقیل بوم خشک

وقتی چکش بدون هادی شمع  
روی شمع قرار می‌گیرد، ممکن  
است راستای چکش و راستای  
شمع نسبت به هم و نسبت به  
راستای قائم دچار تغییر شود.  
هادی شمع موجب هم راستا  
شدن شمع و چکش می‌شود.

4



تصویر نزدیک هادی شمع و  
شمع که قرارگیری چکش  
روی شمع را هم نشان می‌دهد





7



تصویر روبرو از شمع و  
هادی شمع در ابتدای کوبش

8



در اواخر کوبش نیازی به هادی شمع نیست.

9



نمای عمومی کارگاه حوضچه خشک و احداث شمع برای تحمل نیروهای کششی ناشی از فشار بالابرنده آب

## کوبش شمعهای اسکله بندر صیادی نصر قصر آبادان

- ابتدا محل کوبش شمعها خاکریزی شد و شمع کوبی در خشکی انجام شد.
- از هادی جهت کوبش شمع ها استفاده شد.
- ماشینهای مورد استفاده :
  - جرثقیلهای ۸۰ و ۳۵ تنی
  - شمع کوب دیزلی MH-25

