



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

# عملیات بتن ریزی زیر آب

Underwater Concreting

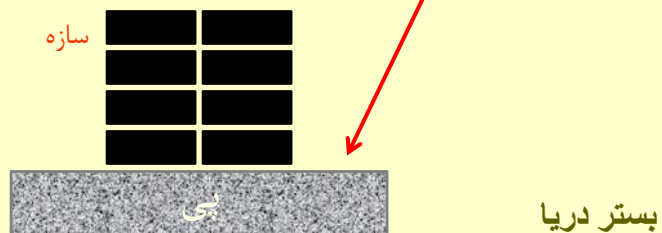
۱



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیر آب :

- ساخت بخشی از سازه مثل پی

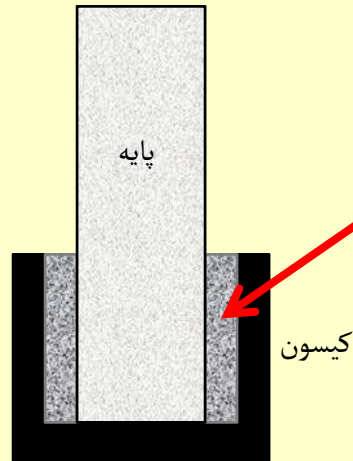


۲



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیر آب :



- اتصال اعضای سازه ای  
به هم (مثل اتصال  
پایه به کیسون)

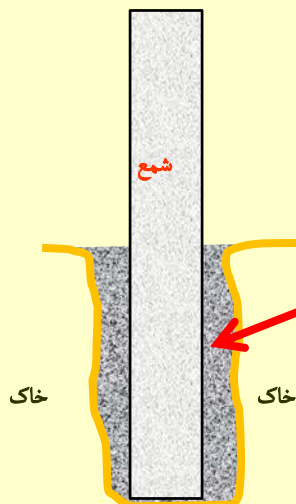
بستر دریا

۳



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیر آب :



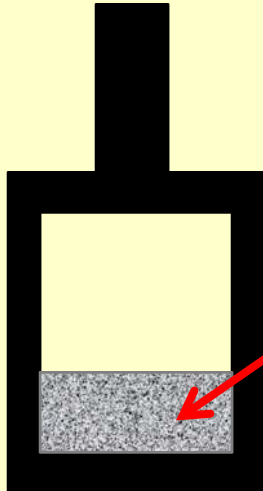
- اتصال شمع به جدار حفره  
خاکی حفاری شده

۴



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیر آب :



- پر کردن سازه برای افزایش وزن و پایین آوردن مرکز ثقل

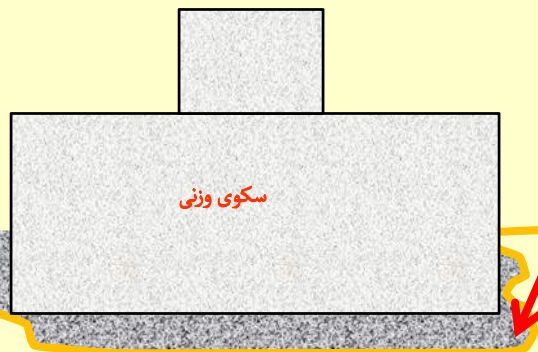
۵



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیر آب :

- تزریق بتن زیر کف سکوه های وزنی برای توزیع فشار قائم



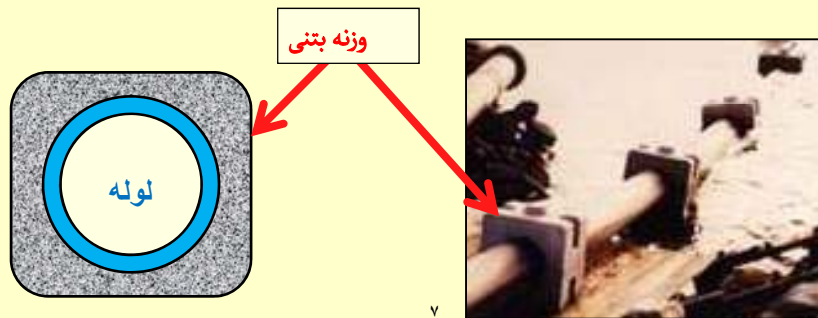
۶



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیر آب :

ایجاد وزن اضافی برای افزایش مقاومت سازه در  
مقابل لغزش تحت بارهای افقی



۷



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیر آب :

بتن ریزی درون شمع ها  
یا کیسون ها جهت  
افزایش مقاومت



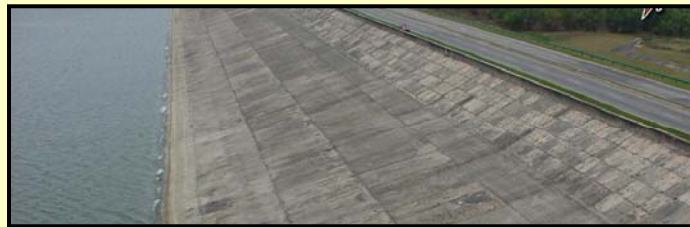
۸



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیر آب :

پوشش سطح شیب دار برای حفاظت آن



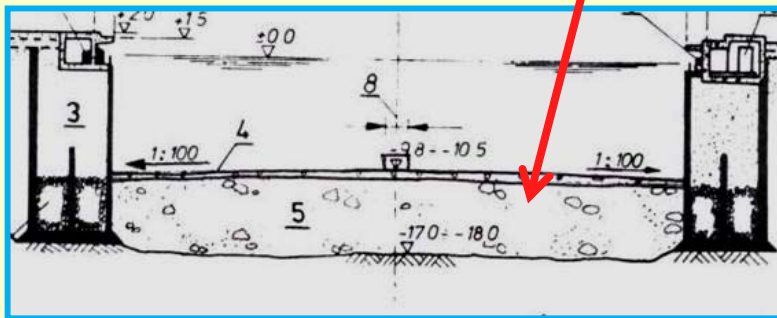
۹



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیر آب :

• ایجای کف افقی وزنی برای مقابله با uplift



۱۰



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## روش های بتن ریزی و تزریق زیر آب

- ۱- تزریق مستقیم بتن یا ملات در حفرات
- ۲- حفاری چاهک با بنتونیت و بتن ریزی زیربنتونیت
- ۳- بتن ریزی درون قالب آب بند
- ۴- استفاده از قالب پارچه ای (کیسه های کتان)
- ۵- پر کردن فضای مورد نظر با سنگدانه و تزریق دوغاب
- ۶- ریختن مستقیم بتن ضدآب

۱۱



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

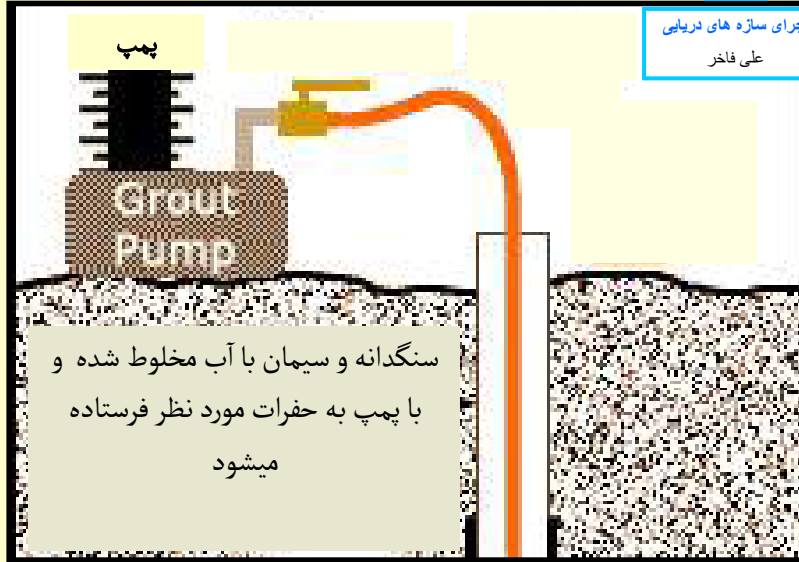
۱

## تزریق مستقیم بتن ریزدانه یا ملات در حفرات

۱۲



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



۱۳



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

پمپ



۱۴



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## پمپ مستقر بر کامیون Truck-mounted Concrete Pump



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## پمپ مستقر بر بارج





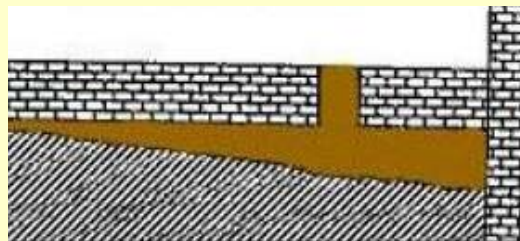
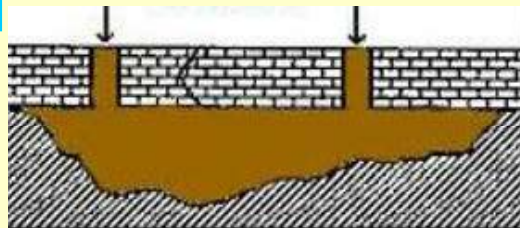
برای تزریق و پر کردن **حفرات کوچک** ممکن است حداکثر قطر سنگدانه به ۱۰ میلیمتر کاهش یابد.

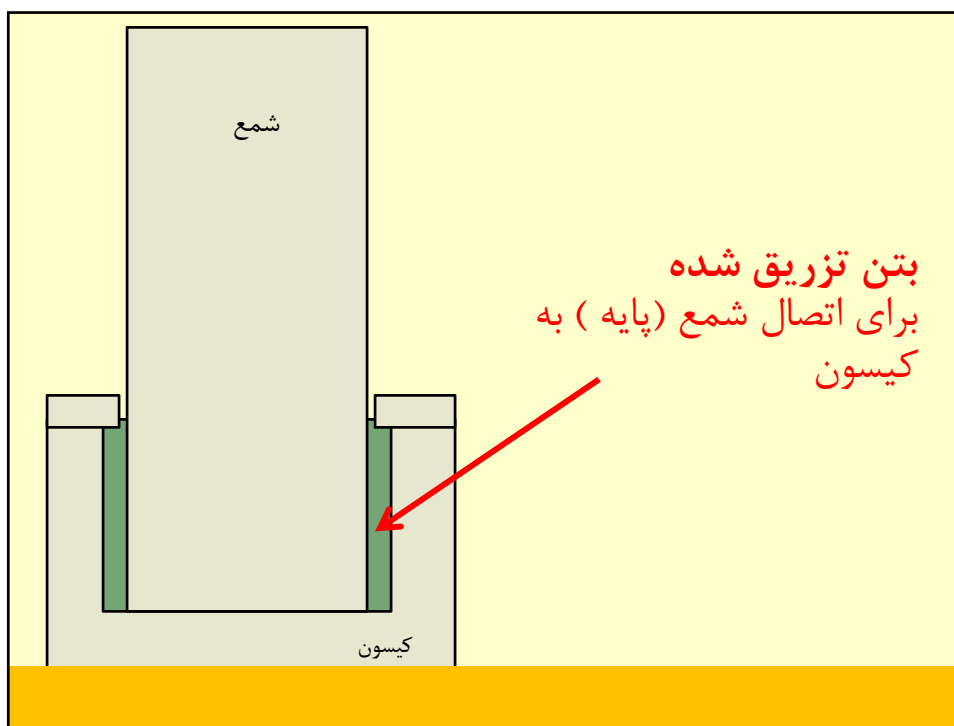
برای تزریق و پر کردن **حفرات بزرگ** از سنگدانه با قطر ۴۰ میلیمتر هم استفاده شده است، ولی همراه با ذرات بزرگ باید مقدار ماسه هم زیاد شود.

مصرف زیاد مواد سیمانی موجب حرارت **هیدراسیون** بالا و انبساط حرارتی و ترکهای احتمالی بر اثر سرد شدن می گردد.



تزریق مستقیم ملات در حفرات کوچک زیر پی





اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

۲

حفاری چاهک با بنتونیت و بتن ریزی زیربنتونیت



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

این روش بتن ریزی در درس شمع های درجا تشریح شد و در اینجا یادآوری می شود. این روش بتن ریزی برای سپر بتنی درجا هم به کار می رود که در درس اسکله های سپری بتنی ارائه می گردد.

۲۱

میله حفاری

حفاری چاهک و پر کردن آن با بنتونیت

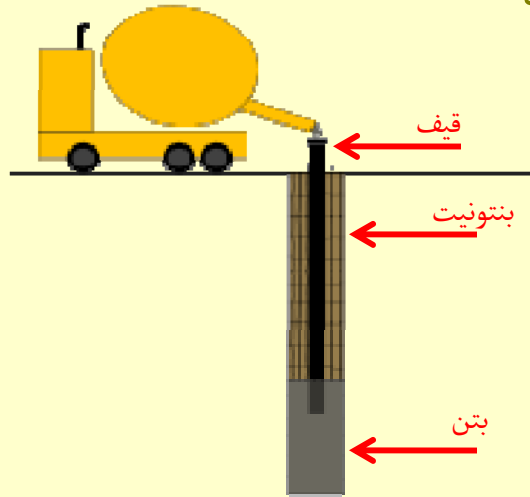
لوله جدار برای جلوگیری از ریزش چاهک



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



## بتن ریزی با ترمی و قیف در زیرگل بنتونیت



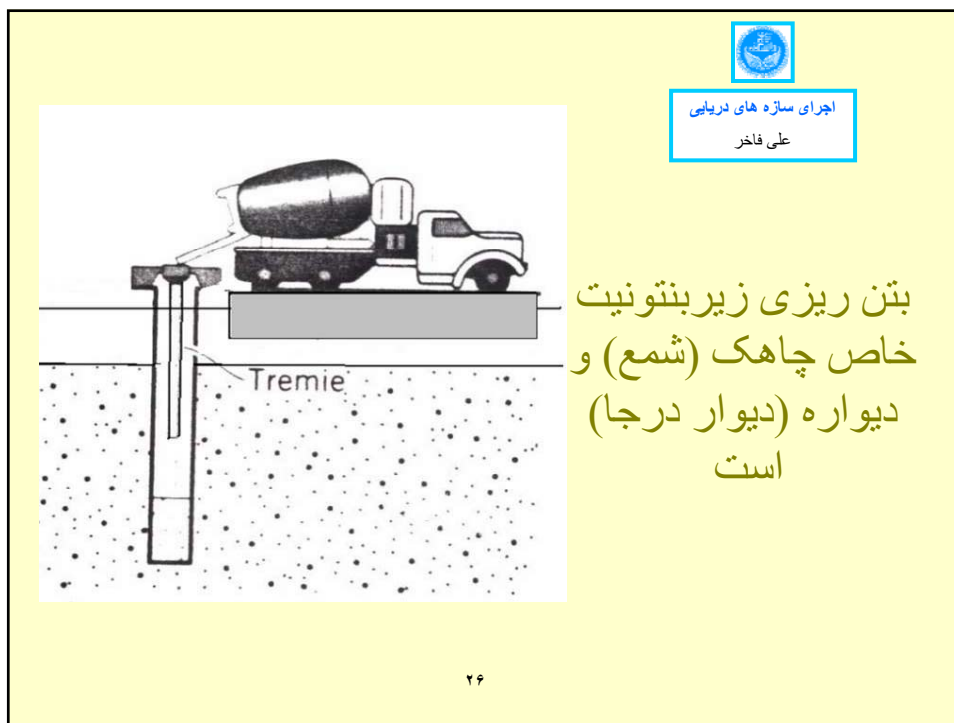
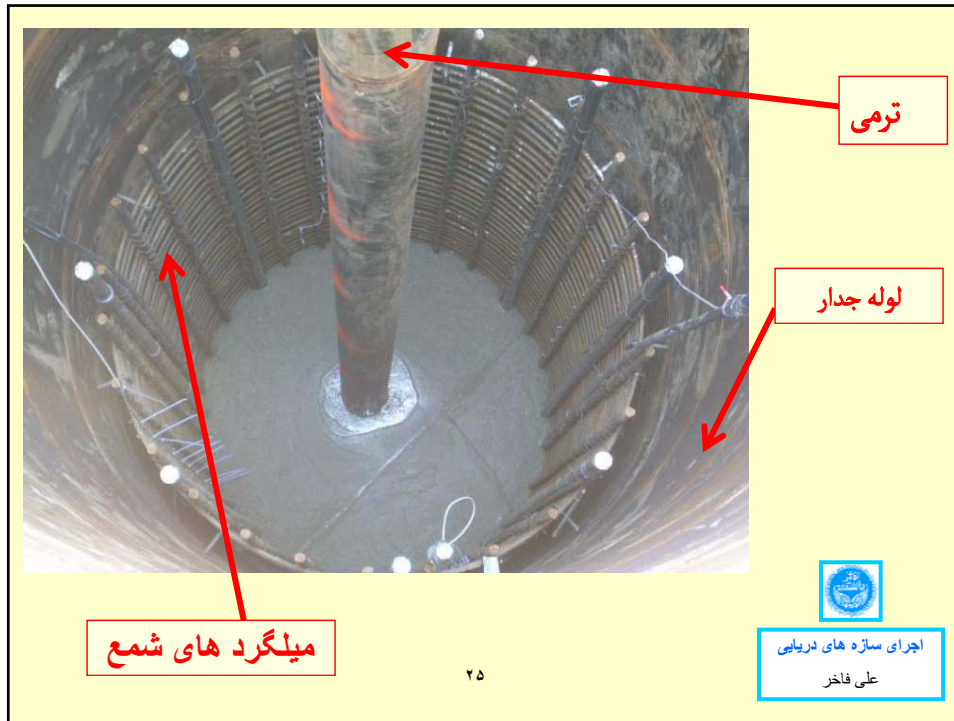
۲۳



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## قیف و ترمی برای بتن ریزی







اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

# ۳

## بتن ریزی با قالب آب بند

۲۷



درس اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## اجرای یک اسکله با بتن ریزی درجا و قالب آب بند



۲۸

## مرحله ۱- اجرای قالب آب بند



## مرحله ۲- آرماتوربندی



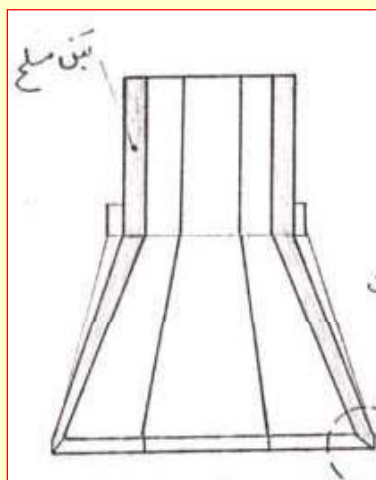
اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



### مرحله ۳- بتن ریزی



### مثالی دیگر از قالب های آب بند: کیسون های دریاپای



- ساخت قالب فلزی دوجداره آب بند در خشکی.
- قراردادن قالب دوجداره بر بستر دریا.
- بتن ریزی درون قالب آب بند





اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



**قالب فلزی** برای بتن ریزی که به دنبال  
خرابی بخشی از دیواره اسکله برای  
تعمیر به کار رفت

۳۳



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



**قالب فلزی  
shutter**

۳۴

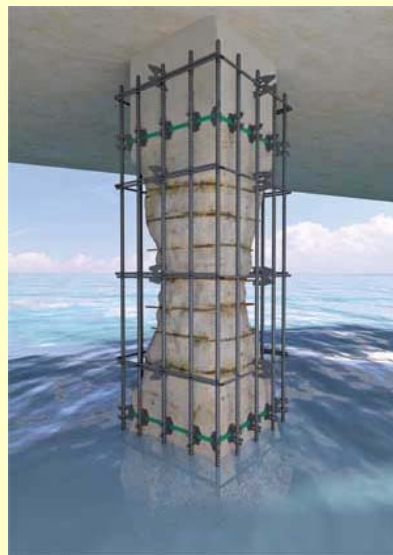


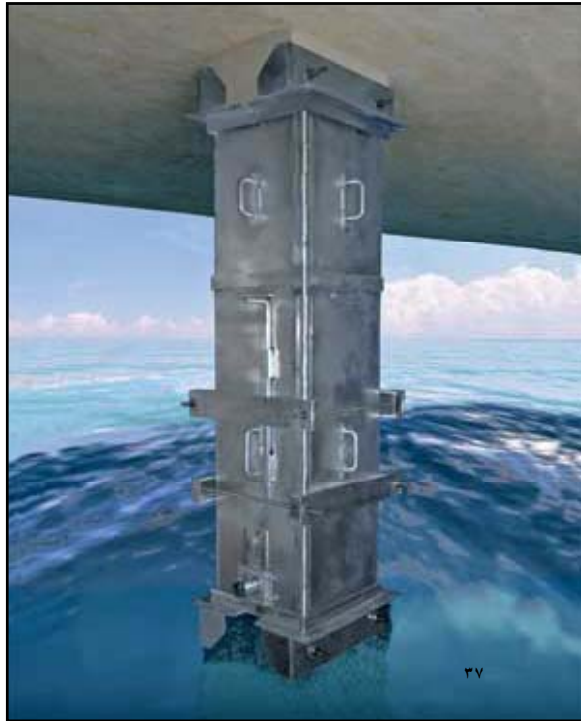
□ بتن ریزی با قالب آب بند مثل بتن ریزی در خشکی است.

- مثالهای دیگر بتن ریزی با قالب آب بند :
  - تعمیر شمع های اسکله بندر امام خمینی
  - تعمیر شمع های اسکله های C1 & C5 بندر شهید باهنر



بتن ریزی با قالب آب بند بیشتر در کارهای  
تعمیراتی متداول است





۳۷

## قالب آب بند



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

۴

## استفاده از قالب پارچه ای یا کیسه

۳۸



انواع قالب پارچه ای برای بتن ریزی زیر آب:

کیسه

لحاف



## بتن کیسه ای concrete in bag

کیسه ها با بتن روان پر می شود و غواص آنها را روی هم در زیر آب می چیند.

اگر کیسه های خیلی بزرگ به کار رود بتن ریزی داخل کیسه در محل انجام میشود.

اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



آبشکن و دیواره  
حفاظتی ساخته شده  
از بتن کیسه ای



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## بتن کیسه ای

یک مخلوط بتن ریزدانه که روانی بالایی دارد به درون کیسه پمپ می شود.

کیسه ها دارای دریچه هایی هستند که به پمپ بتن وصل می شوند.

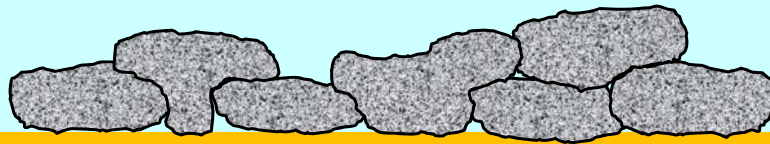
آب اضافی بتن در اثر فشار پمپ خارج می شود.

مسلح کننده هایی می توان در بتن کار گذاشت که موجب اتصال به قطعه دیگر شوند.



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

اتصال کیسه ها به دلیل شکل آنها و همچنین  
خروج شیره بتن است



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

کیسه های از جنس پارچه کتان قابلیت  
خوبی برای بتن کیسه ای دارد



البته امروزه بیشتر از کیسه های بافته شده از الیاف  
مصنوعی استفاده میشود.



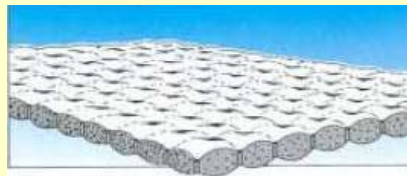
بتن کیسه ای می تواند جایگزین سنگ چینی  
شود.

بتن کیسه ای می تواند بدون نیاز به جرثقیل  
بزرگ در محل نصب شود.



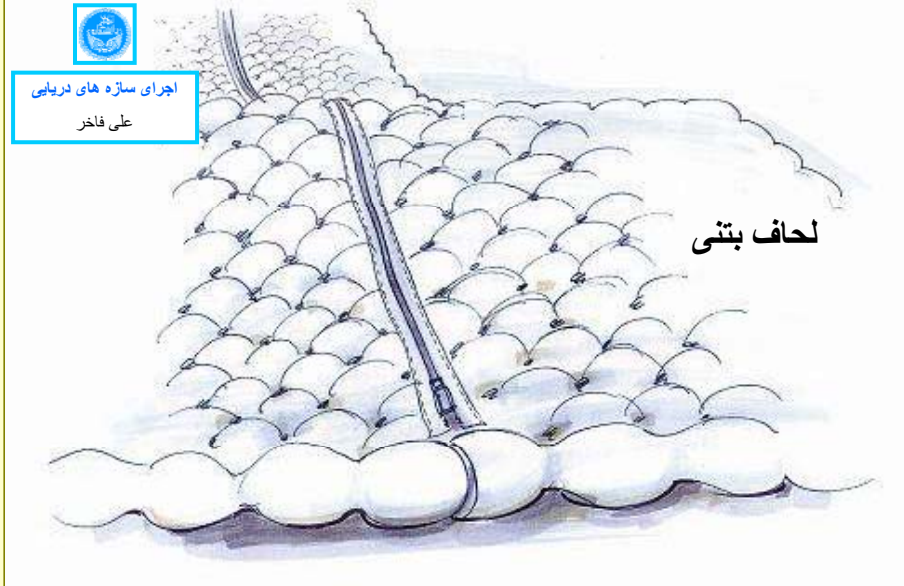
## قالب پارچه ای لحاف گونه لحاف بتنی

□ نخست قالب پارچه ای که مشابه یک لحاف بزرگ است در محل در زیر آب  
قرار میگیرد و سپس درون آن با ملات مناسب پر می شود.





اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



۴۷



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



۴۸





اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

**لحاف بتنی**



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

**نصب لحاف  
(قالب) قبل  
از بتن ریزی  
درون آن**

**پمپ برای  
بتن ریزی  
درون لحاف**



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



## پر کردن فضای مورد نظر با سنگدانه و تزریق دوغاب

۵۱



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

سنگدانه های مکعب شکل نسبت به سنگدانه های دراز و پهن برای تزریق شدن مناسب تر هستند.

سنگدانه ها باید تمیز و عاری از ذرات ریز نکه داشته شوند. وقتی که سنگدانه با بارج حمل می گردد. لایه زیرین که در تماس با سطح بارج می باشد، باید شسته شود یا در جای دیگر استفاده گردد.

۵۲



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

سنگدانه های کوچکتر از  $15\text{mm}$  و عاری از ذرات ریز در فضای خالی مورد نظر ریخته می شوند و سپس تزریق در فواصل منظم صورت می گیرد تا دوغاب حفرات بین سنگدانه های درشت را پر کند.

۵۳



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## اسامی مختلف

پر کردن فضای مورد نظر با سنگدانه و تزریق دوغاب

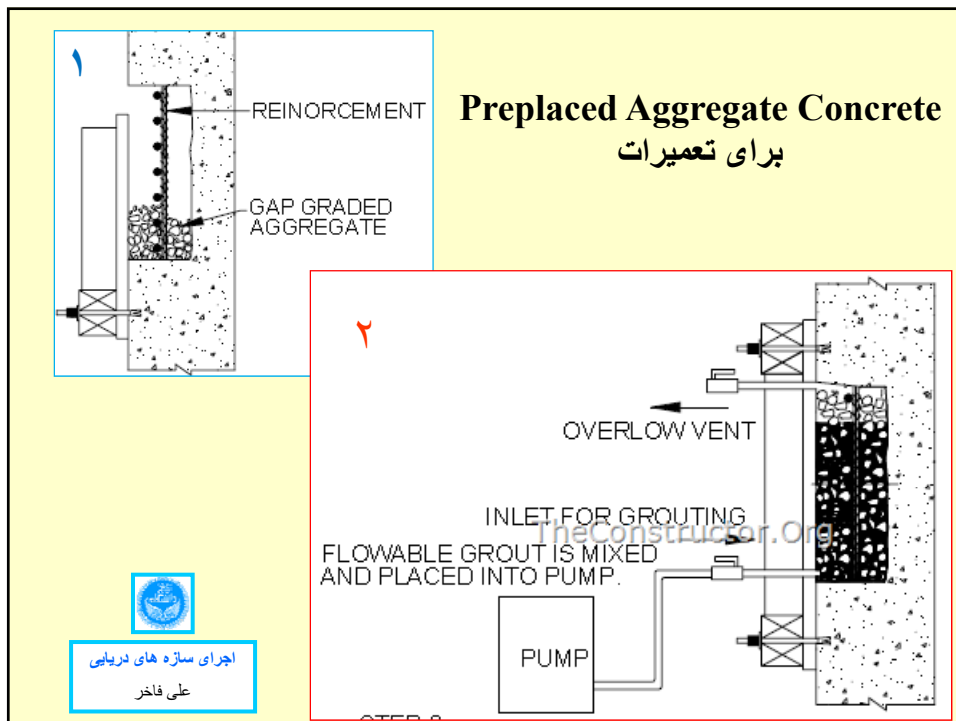
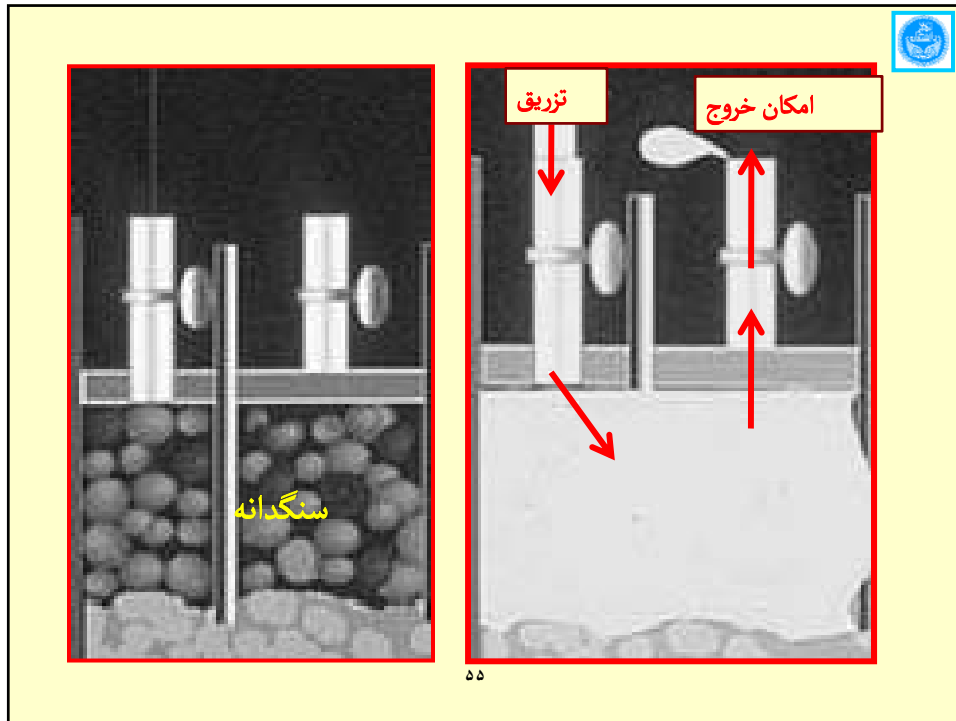
**Grout-Intruded aggregate**

بتن پیش آکنده

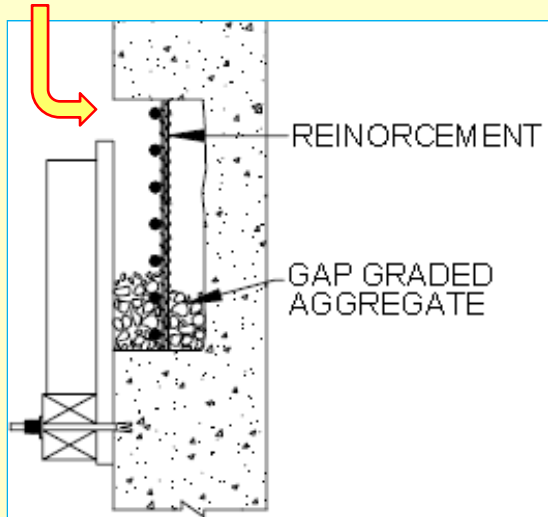
**Injection of grout into already placed aggregate**

***Preplaced Aggregate Concrete***

۵۴



پر کردن قسمت  
معیوب با سنگدانه



**Preplaced Aggregate  
Concrete**  
برای تعمیرات



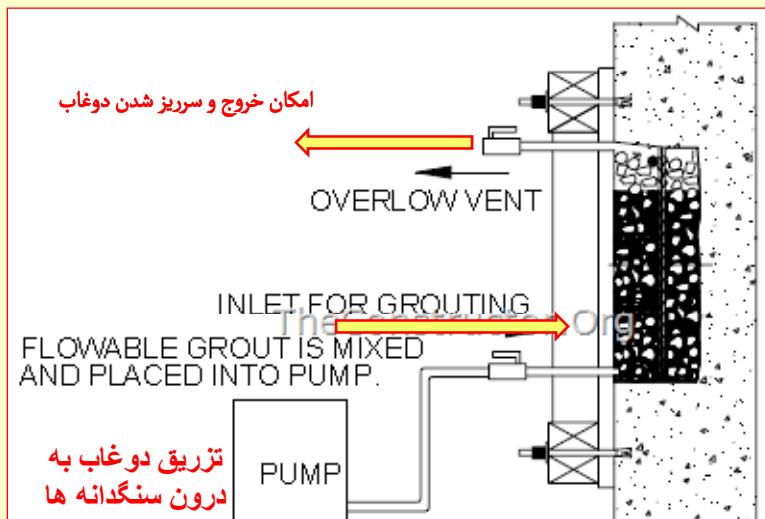
اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

۵۷



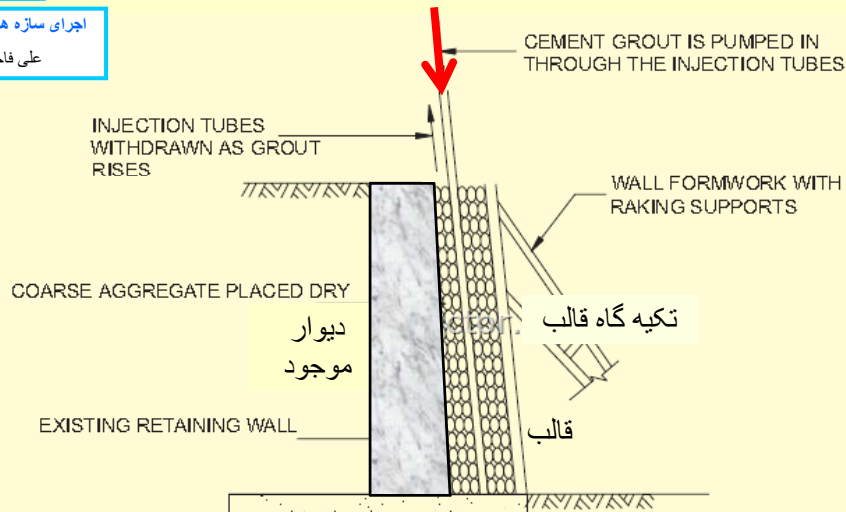
اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

**Preplaced Aggregate Concrete**  
برای تعمیرات





اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



افزایش ضخامت یک دیوار نگهدارنده با بتن پیش آکنده



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

ادامه

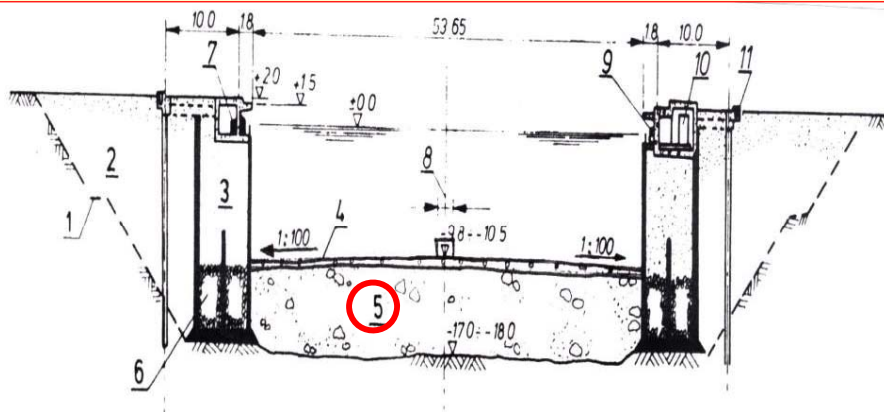
## Grout-Intruded aggregate

- ❑ هر ماده تزریقی مسیر با حداقل اصطکاک را طی می کند. اگر ذرات ریز وجود داشته باشد، اصطکاک زیاد شده و لذا مسیرهای مختلفی طی نشده و حفرات زیادی بوجود می آید.
- ❑ سنگدانه های تزریقی باید سیالیت زیاد داشته باشند تا هر گونه gap در شکل سازه مورد نظر را پر کنند و سپس بالا آمده و از سطحی که در معرض آب است خارج شوند.

The exposed surface is covered with a mat or with an extra thickness of rock.

The pour should be as tightly enclosed as possible, while, of course, allowing the displaced water to escape

۶۱



مقطع یک حوضچه تعمیر شناور در یونان  
که کف آن از بتن پیش آکنده است.

1—Dredged slope, 2—filling, 3—earth fill, 4—reinforced concrete topping placed in the dry, 5—grout intrusion concrete placed under water, 6—stone filling, 7—culvert for electrical services, 8—level keel block strip, 9—piped services, 10—substation, 11—crane beam and trolley channel.



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## ۶

### ریختن مستقیم بتن ضد آب

۶۳



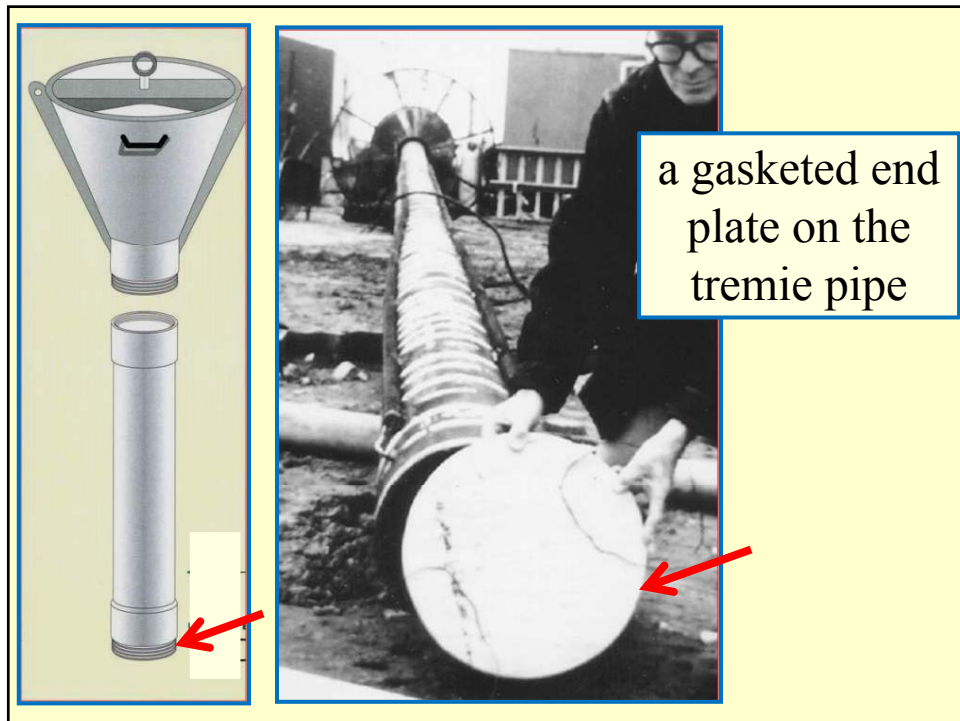
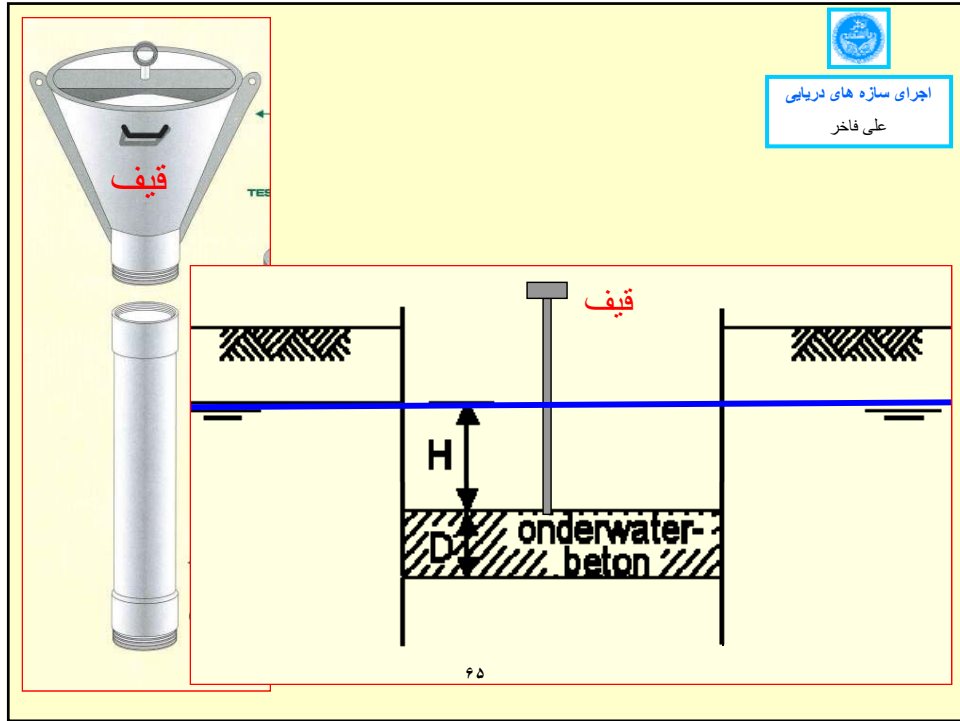
اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

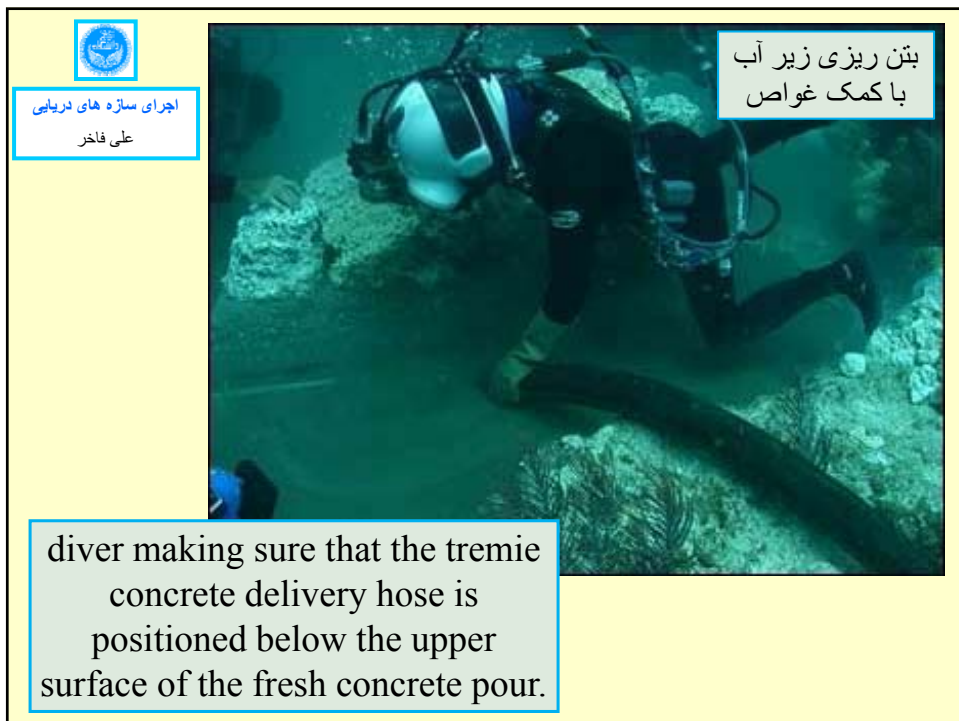
### بتن ضد آب

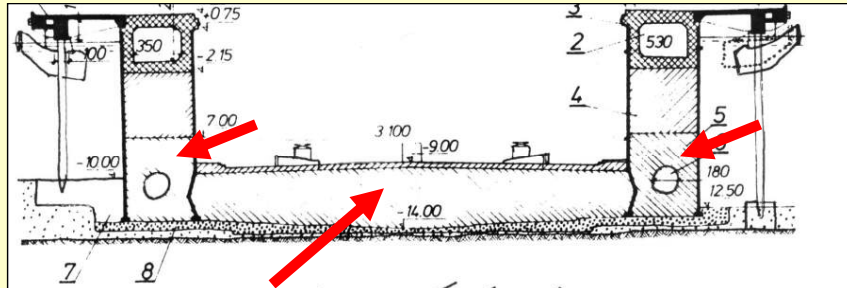
- بتن ضد آب لزوماً بتنی با ترکیبات و مواد خیلی خاص نیست.
- بتن مستقیم زیر آب بسیار روان است و روی یک سطح افقی ۶:۱ یا ۸:۱ (یعنی ۶ افقی و ۱ قائم) به جریان می افتد.
- در عمق آب ۳۰ متر دیگر افزودنی های حباب ساز (هواساز) و بتن و ملات موثر نیستند و باید روان کننده را اضافه کرد.
- بعضاً مواد شیمیایی ضد شستشو (Anti-Wash) توصیه شده است ولی ضروری نیست.

۶۴









مقطع حوضچه خشک در کینهاک ، دانمارک

1—Trolley channel, 2—service culvert, 3—reinforced concrete, 4—concrete filling in dry, 5—underwater concrete, 6—oil container, 7—sand fill, 8—gravel bedding.

بتن زیرآب



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

۶۹



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

مثالی از ترکیب یک بتن ضد آب برای بتن ریزی مستقیم

زیرآب

(مقاومت ۲۸ روزه ۴۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

- ۵۰ الی ۵۵ درصد مصالح دانه ای : شن با حداکثر قطر ۲۰ میلیمتر
- ۴۵ الی ۵۰ درصد مصالح دانه ای : ماسه
- سیمان تیپ دو ASTM : ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب
- پوزولان : 55-60 کیلوگرم در مترمکعب
- نسبت آب به سیمان : 0.42 – 0.45
- روان کننده : ( نه سوپر روان کننده)
- افزودنی های هوا ساز (باید ۶% هوا بوجود آورد)
- افزودنی های تسریع کننده گیرش
- اسلامپ : (160 ± 25mm) v.



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## روشهای ریختن مستقیم بتن در زیرآب

### ❑ لوله ترمی و قیف

- مشابه لوله و قیفهای مورد استفاده جهت بتن ریزی زیر بنتونیت در حفاری شمع های درجا است.

### ❑ سطل های سر بسته

- بتن مناسب را حتی می توان با استفاده از سطل های سر بسته در کف دریا به صورت مستقیم درون آب ریخت. این روش برای پر کردن Rip-Rap بسیار مناسب می باشد. ضمناً در تعمیرات زیرآبی خیلی مفید است.

### ❑ لوله و پمپ

- بتن مناسب را می توان با پمپ کردن و ریختن از درون لوله نیز اجرا کرد و نیاز به لوله ترمی نمی باشد.



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## بتن ریزی زیرآب با Tremie و قیف

قراردادن Tremie بتن از درون یک لوله به قطر معمول ۲۰-۱۰ اینچ انجام می گیرد. لوله ممکن است از اتصال قطعات مختلف تشکیل شود ولی اتصالات باید Flanged بوده و به یکدیگر پیچ و مهره شوند. ضمناً لاستیک نرم باید وجود داشته باشد تا مانع هرگونه نشت آب گردد. وگرنه آب دریا به درون لوله آمده و با بتن مخلوط می شود.



## بتن ریزی زیرآب با Tremiele و قیف

نوک لوله با یک صفحه فلزی با واشر لاستیکی بسته شده است. سپس لوله آب بندی شده در کف محل بتن ریزی قرار داده می شود. آنگاه نصف لوله با بتن پر می گردد. بعد درپچه باز شده و بتن ریزی آغاز می شود. هنگام ریختن بتن در لوله ممکن است قدری جداسدگی ذرات بتن بروز کند ولی مجدداً با هم در درون لوله مخلوط می شوند لذا مشکلی نیست.



## (ادامه) Tremiele با زیرآب ریزی بتنی

- در اعماق بسیار زیاد (بالای صد متر) نروژی ها یک لوله ثانویه بکار می برند تا لوله اولی را پر کند.
- وقتی لوله به مقدار قابل توجهی پر شد، آنگاه نوک لوله حدود ۱۵cm بالا آورده می شود تا جریان بتن بوجود آید. وقتی جریان برقرار شد، نوک لوله در درون بتن تازه قرار می گیرد. حرکت دادن افقی نوک لوله برای سرعت بخشیدن به جریان بتن مناسب نیست.
- اگر به هر دلیلی لوله از حالت آب بندی خارج شد. بتن درون لوله باید خالی گردد و سپس با آب بندی مجدد، عملیات دوباره از سر گرفته شود.



## بتن ریزی زیرآب با Tremie (ادامه)

- ❑ هلندی ها روشی بنام Hydro Valve را ابداع کرده اند که در آن بتن خیلی خشک (اسلامپ ۸۰ mm) با فشار درون لوله تغذیه شده و سپس از نوک لوله خارج می شود.
- ❑ پیشرفت های شیمیایی در تکنولوژی بتن موجب شده است که امکان ریختن بتن در یک فاصله کوتاه درون آب مقدور باشد و عملاً جدا شدن ذرات یا شستن بتن با آب صورت نگیرد.
- ❑ گر چه رسیدن به مقاومت بالا غیر ممکن نیست ، لیکن بهتر است مقاومت طراحی برای بتن ریزی مستقیم زیر آب کوچک باشد.

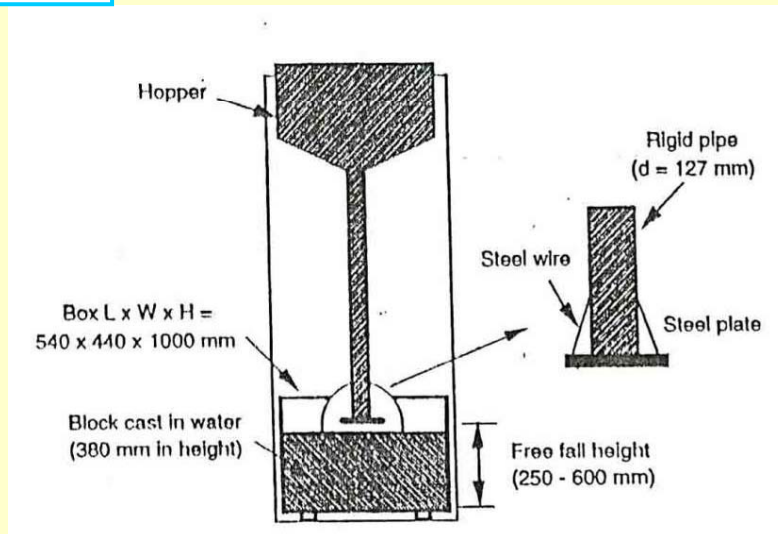


- ❑ گاهی در ترکیب بتن مستقیم ضد آب که فوم سیلیکاتی متراکم شده، ترکیبات خمیری کننده و ترکیبات تیکسوتروپی نظیر متو سل (Metho cel) وجود دارد تا آب دریا و بتن تر مخلوط نشوند.
- ❑ بتنی که مستقیم در زیر آب ریخته می شود باید خود تراکم (Self Compacted) باشد لذا روان بودن آن بسیار مهم است.



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

### شکل شماتیک از وسایل بتن ریزی در زیر آب در شرایط آزمایشگاهی



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

### تحقیق در مورد بتن ریزی در زیر آب در شرایط نیمه آزمایشگاهی

(شرفی، ۱۳۸۰)





اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## استفاده از پمپ بتن یا ملات

□ بتنی که فقط با ماسه و ذرات ریز ساخته شده است  
براحتی قابل پمپ کردن می باشد. توجه کنید که در  
مورد سنگدانه ها نمی شود پمپ کرد.



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر







اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## استفاده از پمپ بتن یا ملات

بتنی با حداکثر سنگدانه ۱۰ میلیمتر از روی بارج تا عمق ۱۵۰ متر برای پر کردن یک شکل زنگوله‌ای استفاده گردیده است.

□ در اعماق زیاد پمپ خلاء در بالای لوله قرار دارد تا مانع بروز خلاء در اثر سرعت سریع و روبه پایین بتن در لوله شود.

□ اگر از سنگ دانه های بزرگتر برای پر کردن احجام بزرگ استفاده می شود، بهتر است ترکیبی از پمپ و شیوه سنتی نقلی بکار رود.

۸۱

مثال: بتن با مشخصات زیر را از روی بارج به درون پایه های یک سکو در عمق ۱۵۰ متر پمپ کرده اند:

Concrete made with sand only

or

with sand and fine aggregate (8 mm maximum)

Pipe sizes of 50 to 75 m were selected to maintain a substantial friction head as the concrete was pumped “downhill.” A vacuum release valve at the top of the pipe prevented a vacuum forming due to too rapid descent of the concrete.



## پمپ بتن

ساخت سکوهای بتنی موجب نیاز به مخلوط های مناسب و روشهای ویژه برای پر کردن زیر کف آن شده است. همگن بودن و همچنین پر کردن کامل محل های لازم، حرارت کم، چسبندگی، bleed (آب اندازی) پایین و دوام از خصوصیات این بتن ها است. مقاومت و مدول الاستیسته مورد نیاز معمولاً خیلی کوچک می باشد.



## پمپ بتن

طرح اختلاط های مختلف برای تزریق زیرکف کیسونها ابداع گردیده است. یک طرح اختلاط شامل سیمان بنتونیت، روان کننده و سیلیکات خنثی بسیار نرم شده می باشد. در یک نوع طرح اختلاط دیگر ۵۰ درصد یا بیشتر با بنتونیت جایگزین می گردد.



## سه عامل تعیین کننده بتن خود متراکم

- ۱- قالبیت پر کنندگی قالب (روانی زیاد)
- ۲- مقاومت در برابر جدا شدگی دانه ها (حفظ چسبندگی ذرات)
- ۳- ضریب عبوری زیاد



اجرای دالهای بتنی غیر مسلح مثل دال کف حوضچه های تعمیر شناور و همچنین اجرای پی در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالاست ، با استفاده از بتن ضد آب و بتن ریزی مستقیم در زیر آب انجام می شود.



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## مقابله با حرارت هیدراسیون و کاهش دمای بتن در بتن ریزی در هوای گرم

۸۷



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## توصیه های لازم برای کاهش دمای بتن در بتن ریزی در هوای گرم

- ❑ انداختن یخ در آب (سرد کردن آب): مثلاً ۴ تا ۵ قالب یخ در آب برای رسیدن به دمای بتن ۲۰ تا ۲۵ درجه در خوزستان.
- ❑ جایگزینی آب با پولک یخی (گاهی تا ۱۰۰ درصد): برای مثال پروژه ساخت بلوکهای بتنی در بندر پتروشیمی پارس
- ❑ جایگزینی سیمان پرتلند با مواد پوزولانی ( اگر ۱۵% وزنی سیمان پرتلند با میکروسیلیس جایگزین شود، دما ۱۰ درجه پایین می آید)
- ❑ پوشاندن سنگدانه با سایه بان
- ❑ خنک کردن سنگدانه درشت با عبور از میان تونل آب سرد

۸۸



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## ادامه توصیه های لازم برای کاهش دمای بتن در ریزی در هوای گرم

- خنک کردن تمام سنگدانه ها** با عبور از میان تونل هوای سرد
- بتن ریزی خیلی کند** و لایه لایه (روزی یک لایه ۳۰ سانتی متری)
- استفاده از آیفشان (Springle)** برای خنک کردن محیط بتن ریزی
- کار در شب**

۸۹



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## راه حل های مقابله با حرارت هیدراسیون

- جایگزینی بخشی از سیمان پرتلند با سرباره کوره یا مواد پوزولانی
- استفاده از ذرات دانه ای که قبلاً سرد شده اند، همچنین انداختن یخ در آب مخلوط
- حجم مورد نظر برای بتن ریزی به قسمتهای مختلف تقسیم شود تا اندازه حفره و حجم بتن در هر نوبت بتن ریزی کاهش یابد.
- بکار بردن ذرات دانه ای با ضریب حرارتی بالا (برای رسیدن به دمای بالا مقدار حرارت بیشتری می خواهد)



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## قرار دادن مصالح در زیر سایه بان



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## اندازه گیری دمای بتن تازه



۹۲



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



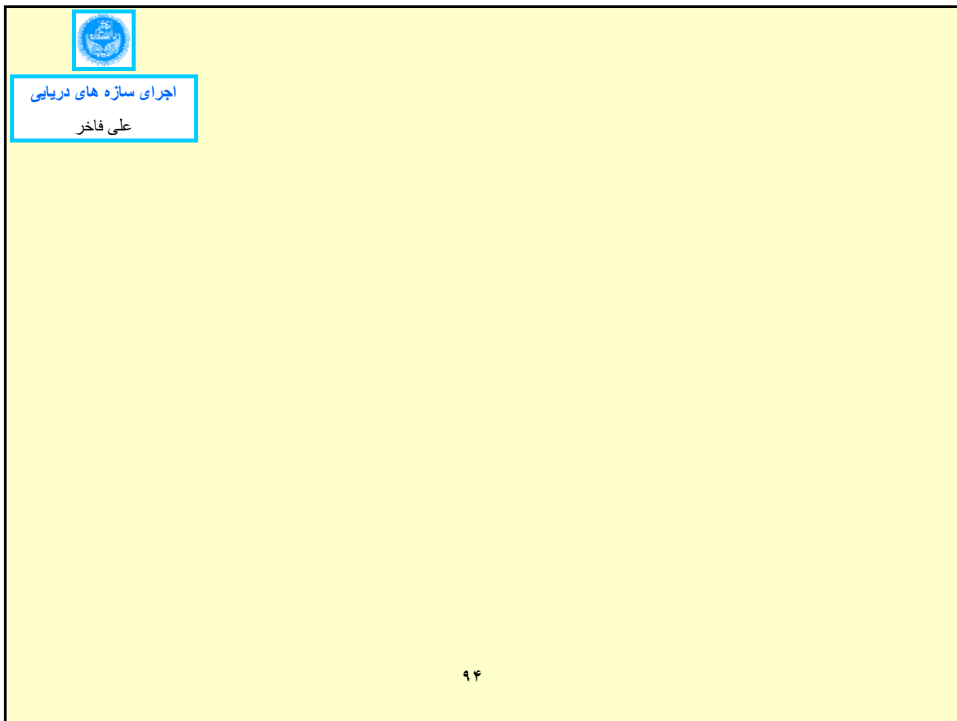
Ice flake

پولک یخ که جایگزین آب در  
میکسر میشود

۹۳



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر



۹۴



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

۹۵



اتاقک بخار برای  
عمل آوری بلوکهای  
بتنی با بخار



اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر





اجرای سازه های دریایی  
علی فاخر

## عمل آوری با پوشش پشم و شیشه ای بلوک بتنی پس از باز کردن قالب



- پوشاندن فوری بلوک با عایق پشم و شیشه موجب حفظ رطوبت درونی بتن در زمان گیرش می شود .

۹۷

## موفق باشید

علی فاخر



طرح سالم سازی دریا

۹۸