اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

عملیات بتن ریزی زیرآب

Underwater Concreting

۱

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیرآب :

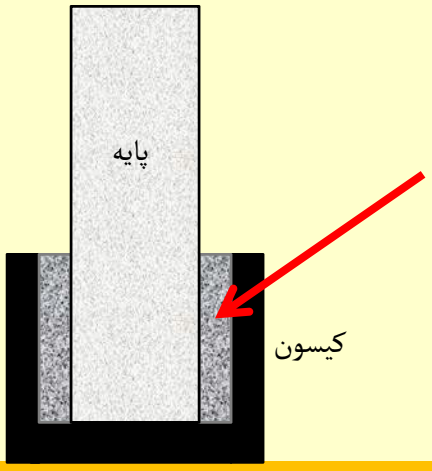
- ساخت بخشی از سازه مثل پی

۲

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیرآب :

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

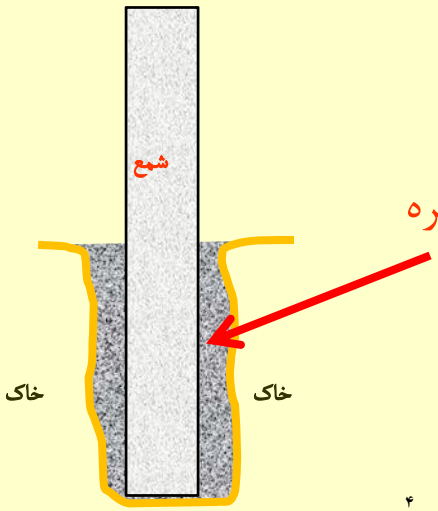


۳

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیرآب :

- اتصال شمع به جدار حفره خاکی حفاری شده

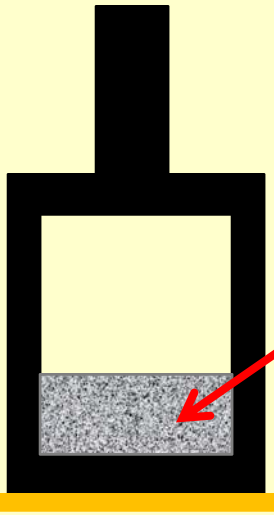


۴

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیرآب :

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

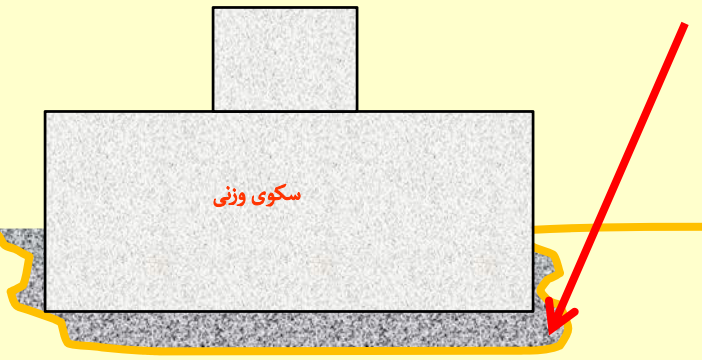


۵

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیرآب :

- تزریق بتن زیرکف سکوهای وزنی برای توزیع فشار قائم



۶

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیرآب :

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 زیرآب :

بتن ریزی درون شمع ها یا کیسون ها جهت افزایش مقاومت

۸

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیرآب :

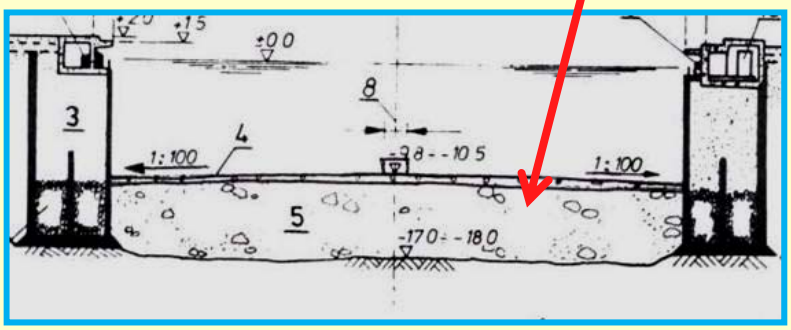
پوشش سطح شیب دار برای حفاظت آن

۹

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

برخی کاربردهای بتن ریزی و تزریق زیرآب :

- ایجای کف افقی وزنی برای مقابله با uplift



۱۰

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

روش های بتن ریزی و تزریق زیر آب

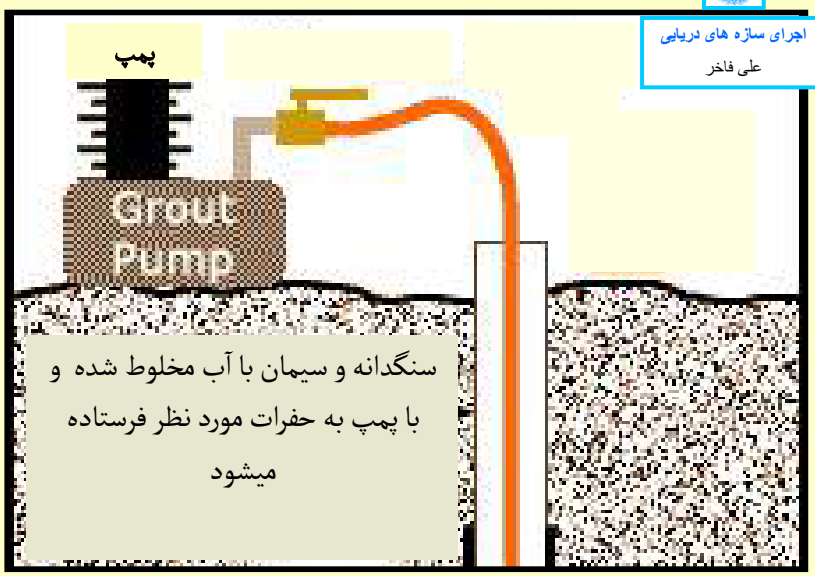
۱- تزریق مستقیم بتن یا ملات در حفرات
۲- حفاری چاهک با بنتونیت و بتن ریزی زیربنتونیت
۳- بتن ریزی درون قالب آب بند
۴- استفاده از قالب پارچه ای (کیسه های کتان)
۵- پر کردن فضای مورد نظر با سنگدانه و تزریق دوغاب
۶- ریختن مستقیم بتن ضدآب

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

۱

تزریق مستقیم بتن ریزدانه یا ملات در حفرات

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر



سنگدانه و سیمان با آب مخلوط شده و با پمپ به حفرات مورد نظر فرستاده میشود

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.

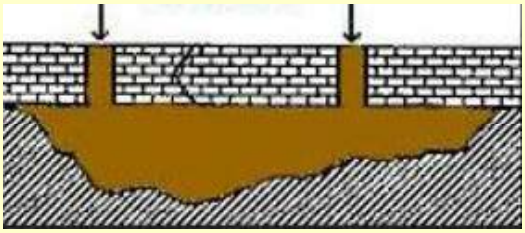
برای تزریق و پر کردن حفرات بزرگ از سنگدانه با قطر ۴۰ میلیمتر هم استفاده شده است، ولی همراه با ذرات بزرگ باید مقدار ماسه هم زیاد شود.

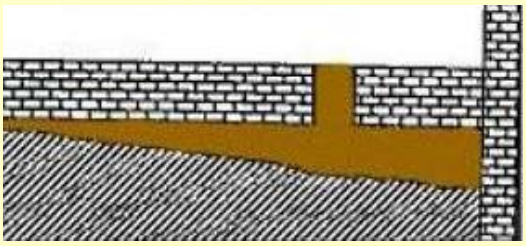
مصرف زیاد مواد سیمانی موجب حرارت هیدراسیون بالا و انبساط حرارتی و ترکهای احتمالی بر اثر سرد شدن می‌گردد.

۱۷

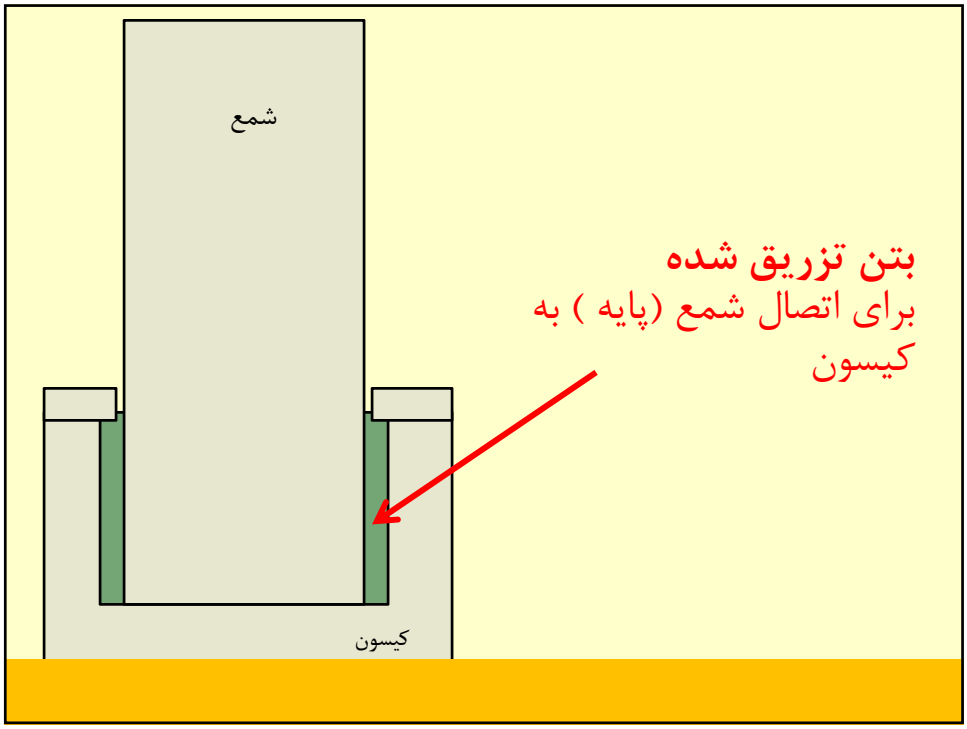
اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

تزریق مستقیم ملات در حفرات کوچک زیر پی





۱۸



اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

۲

حفاری چاهک با بنتونیت و بتن ریزی زیربنتونیت

۲۰

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

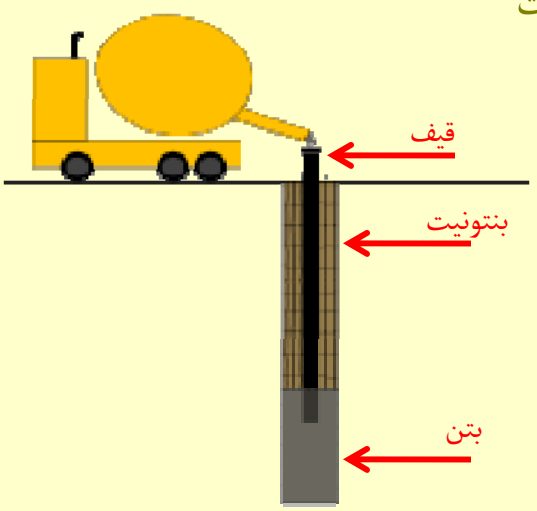
حفاری چاهک و پر کردن آن با بنتونیت

میله حفاری

لوله جدار برای جلوگیری از ریزش چاهک

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

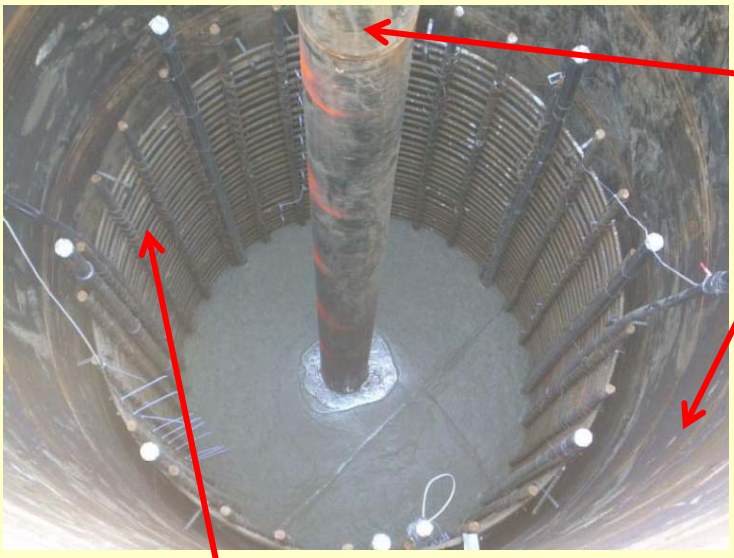
بتن ریزی با ترمی و قیف در زیرگل بنتونیت



۲۳

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

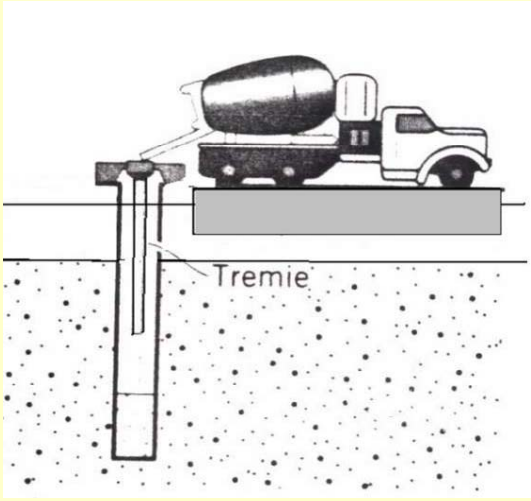
قیف و ترمی برای بتن ریزی



ترمی

لوله جدار

میلگرد های شمع



بتن ریزی زیربنتونیت خاص چاهک (شمع) و دیواره (دیوار درجا) است

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

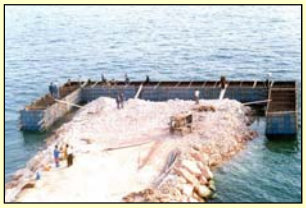
۳

بتن ریزی با قالب آب بند

درس اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

اجرای یک اسکله با بتن ریزی درجا و قالب آب بند



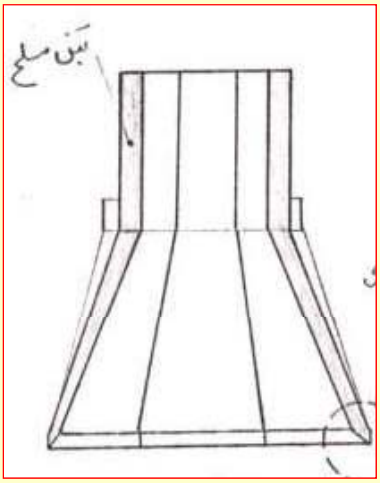
مرحله ۱- اجرای قالب آب بند

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

۳۲

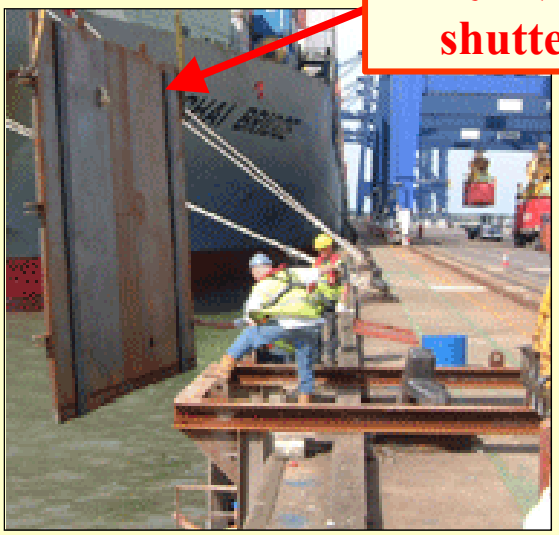
اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

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

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

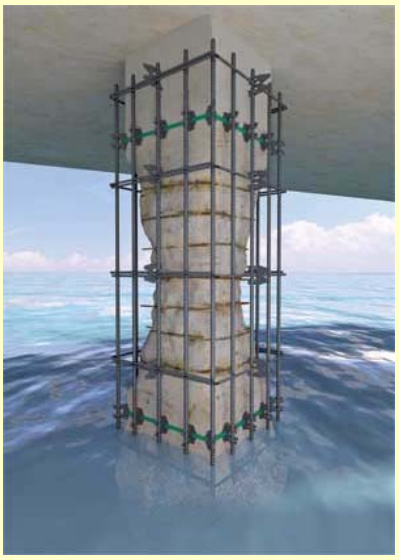
❑ بتن ریزی با قالب آب بند مثل بتن ریزی در خشکی است.

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

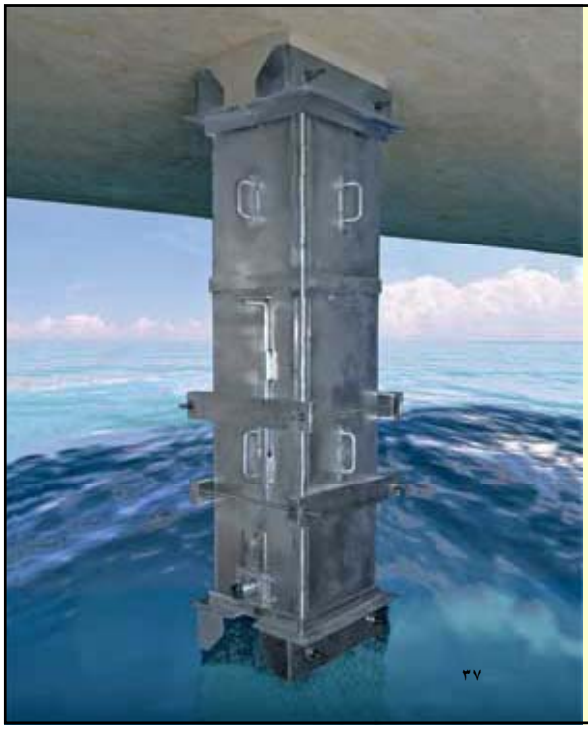
۳۵

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

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



۳۶



قالب آب بند

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

۳۷

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

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

بتن کیسه ای
concrete in bag

- کیسه‌ها 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.

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.

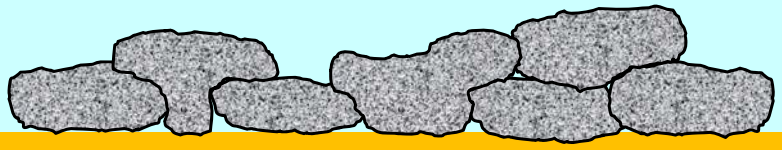
کیسه ها دارای دریچه هایی هستند که به پمپ بتن وصل می شوند.

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 کیسه‌ها به دلیل شکل آنها و همچنین
خروج شیرة بتن است



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

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

البته امروزه بیشتر از کیسه‌های بافته شده از الیاف
مصنوعی استفاده میشود.

۴۴

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

بتن کیسه ای می تواند جایگزین سنگ چینی شود.

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

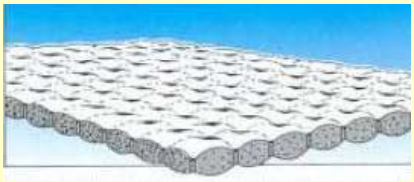
۴۵

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

قالب پارچه ای لحاف گونه

لحاف بتنی

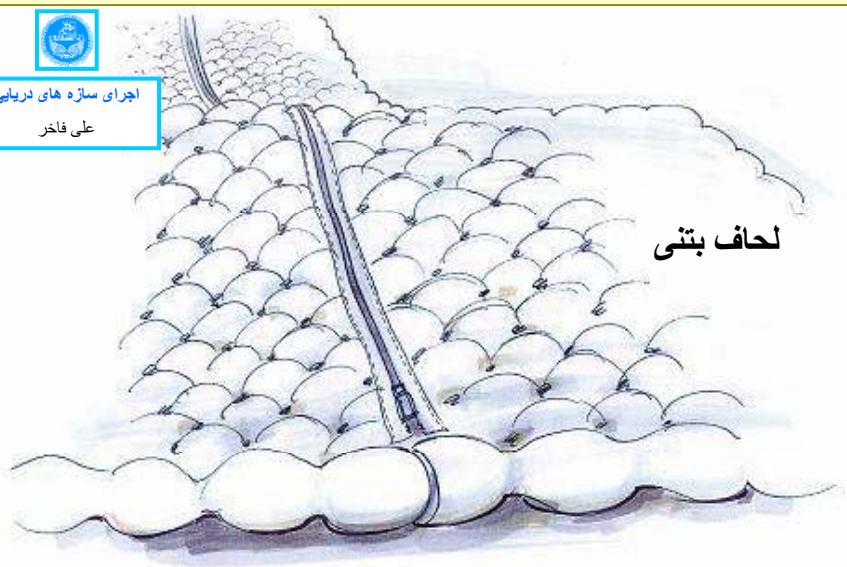
- نخست قالب پارچه ای که مشابه یک لحاف بزرگ است در محل در زیر آب قرار میگیرد و سپس درون آن با ملات مناسب پر می‌شود.



۴۶

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر



لحاف بتنی

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

۵

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.

- سنگدانه‌ها باید تمیز و عاری از ذرات ریز نگه داشته شوند. وقتی که سنگدانه با بارج حمل می‌گردد. لایهٔ زیرین که در تماس با سطح بارج می‌باشد، باید شسته شود یا در جای دیگر استفاده گردد.

۵۲

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

سنگدانه های کوچکتر از ۱۵mm و عاری از ذرات ریز در فضای خالی مورد نظر ریخته می‌شوند و سپس تزریق در فواصل منظم صورت می‌گیرد تا دوغاب حفرات بین سنگدانه‌های درشت را پر کند.

۵۳

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

اسامی مختلف

پر کردن فضای مورد نظر با سنگدانه و تزریق دوغاب

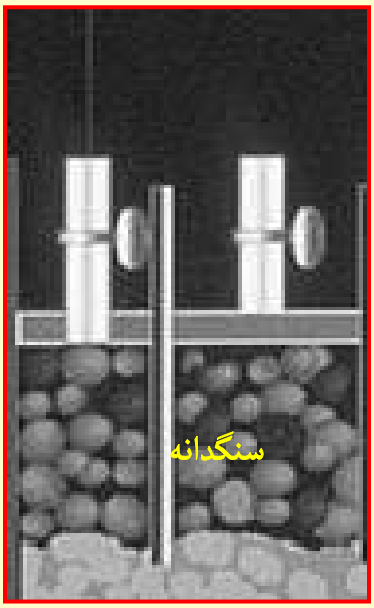
Grout-Intruded aggregate

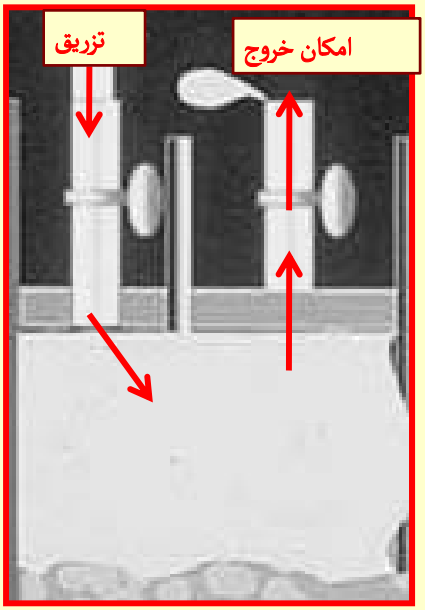
بتن پیش آکنده

Injection of grout into already placed aggregate

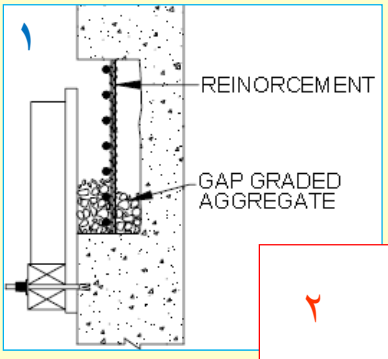
Preplaced Aggregate Concrete

۵۴

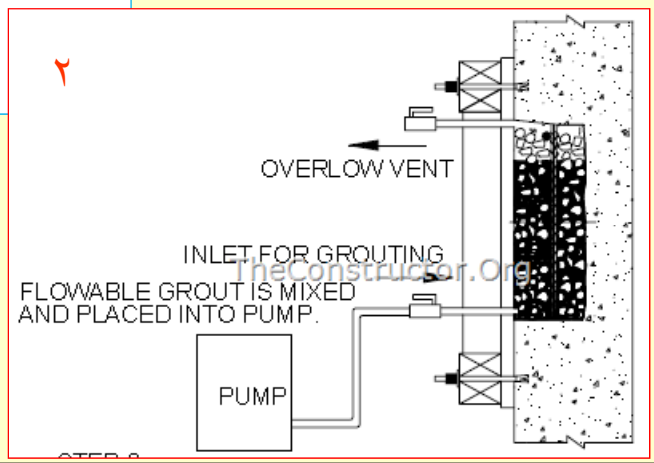




۵۵

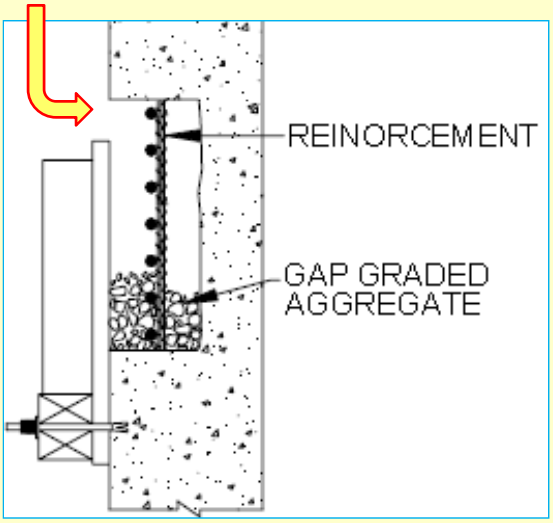


Preplaced Aggregate Concrete
برای تعمیرات



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

پر کردن قسمت
معیوب با سنگدانه



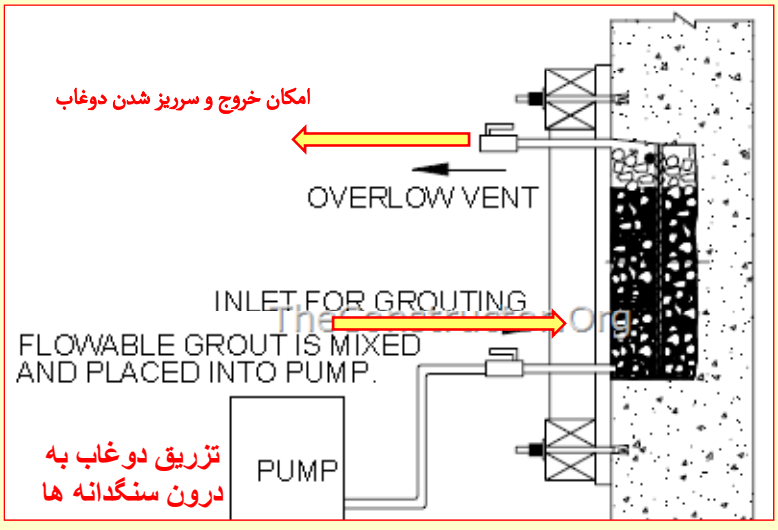
Preplaced Aggregate Concrete
برای تعمیرات

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

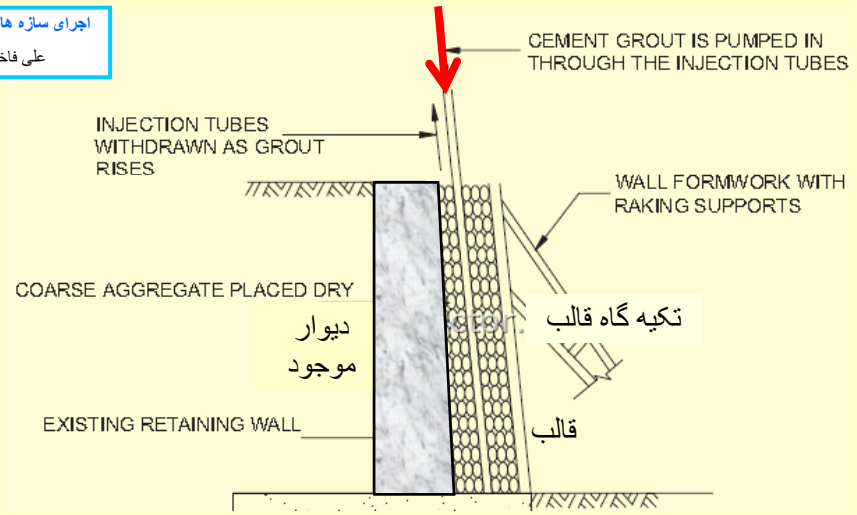
۵۷

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

Preplaced Aggregate Concrete
برای تعمیرات



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر



افزایش ضخامت یک دیوار نگهبان با بتن پیش آکنده

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

ادامه

Grout-Intruded aggregate

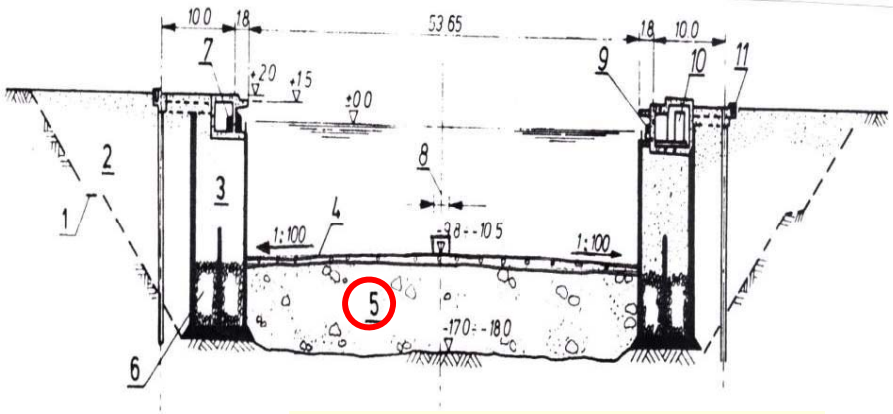
- هر مادهٔ تزریقی مسیر با حداقل اصطکاک را طی می‌کند. اگر ذرات ریز وجود داشته باشد ، اصطکاک زیاد شده و لذا مسیرهای مختلفی طی نشده و حفرات زیادی بوجود می‌آید.
- سنگدانه های تزریقی باید سیالیت زیاد داشته باشند تا هر گونه gap در شکل سازه مورد نظر را پر کنند و سپس بالا آمده و از سطحی که در معرض آب است خارج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

۶۰

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

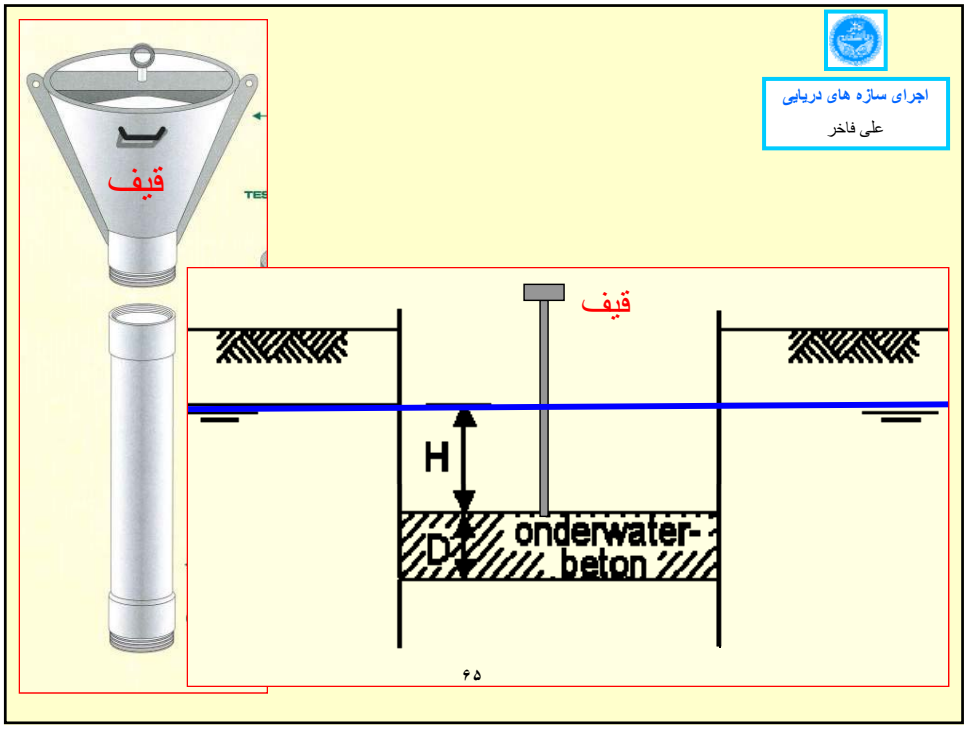
۶

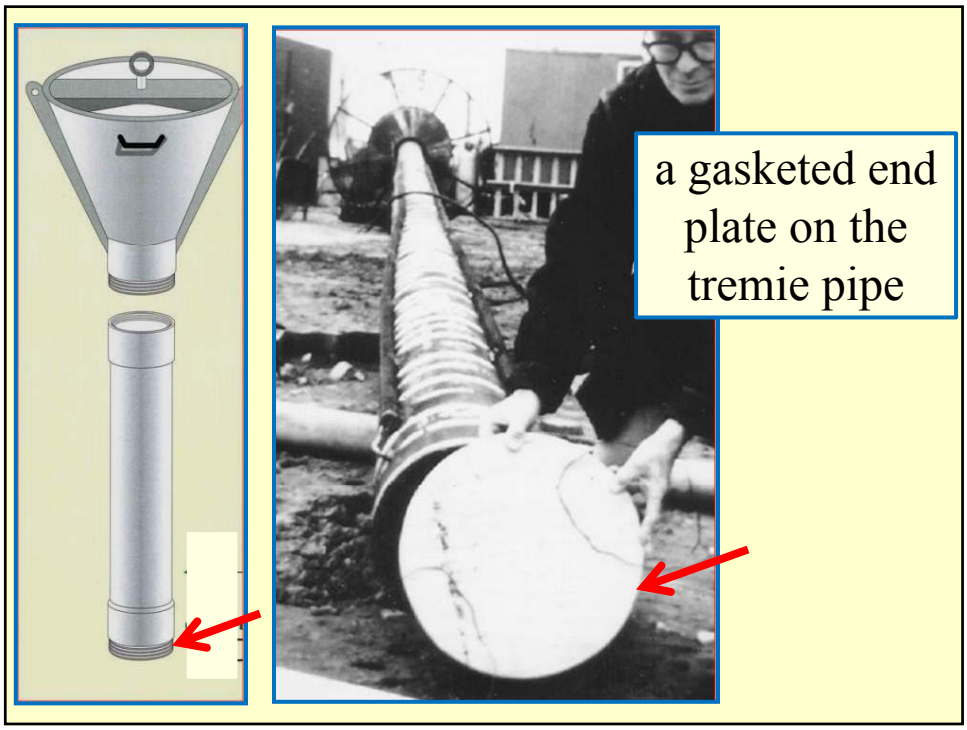
ریختن مستقیم بتن ضدآب

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

بتن ضد آب

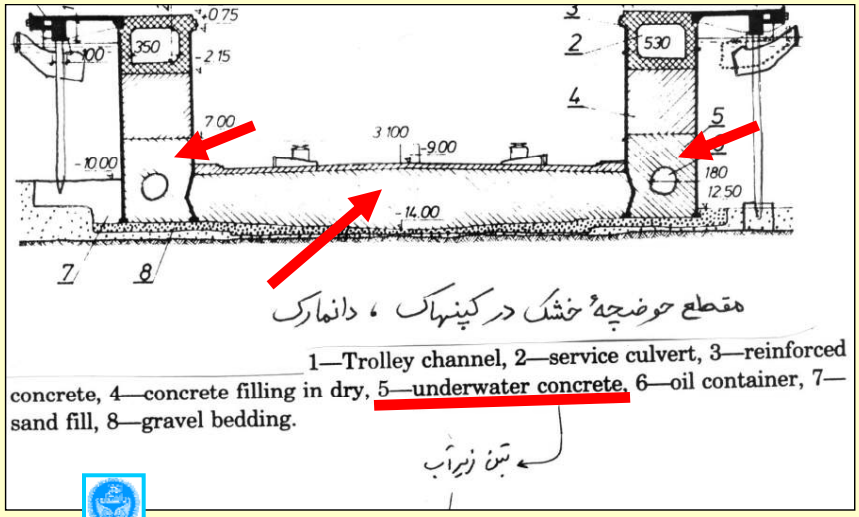
- بتن ضد آب لزوماً بتنی با ترکیبات و مواد خیلی خاص نیست.
- بتن مستقیم زیرآب بسیار روان است و روی یک سطح افقی ۶:۱ یا ۸:۱ (یعنی ۶ افقی و ۱ قائم) به جریان می افتد.
- در عمق آب ۳۰ متر دیگر افزودنی های حباب ساز (هواساز) و بتن و ملات موثر نیستند و باید روان کننده را اضافه کرد.
- بعضاً مواد شیمیایی ضد شستشو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


اجرای سازه های دریایی
علی فاخر
قیف
قیف
H
D
onderwater-
beton
۶۵


a gasketed end plate on the tremie pipe

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

diver making sure that the tremie concrete delivery hose is positioned below the upper surface of the fresh concrete pour.



مقطع حوضچهٔ خشک در کپنهاک ، 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

مثالی از ترکیب یک بتن ضد آب برای بتن ریزی مستقیم زیرآب

(مقاومت ۲۸ روزه ۴۰۰ تا ۵۰۰کیلوگرم 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 : 0.45 – 0.42
- روان کننده : (نه سوپر روان کننده)
- افزودنی های هوا ساز (باید ۶% هوا بوجود آورد)
- افزودنی های تسریع کننده گیرش
- اسلامپ : $(160 \pm 25mm)$ ۷۰

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 سربسته
  - بتن مناسب را حتی می توان با استفاده از سطل‌های سربسته در کف دریا به صورت مستقیم درون آب ریخت. این روش برای پر کردن Rip-Rap بسیار مناسب می‌باشد. ضمناً در تعمیرات زیرآبی خیلی مفید است.
- لوله و پمپ
  - بتن مناسب را می‌توان با پمپ کردن و ریختن از درون لوله نیز اجرا کرد و نیاز به لوله ترمی نمی‌باشد.

۷۱

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

بتن ریزی زیرآب باTremie و قیف

قراردادن Tremie بتن از درون یک لوله به قطر معمول ۲۰-۱۰ اینچ انجام می‌گیرد. 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 می‌شود.

۷۲

بتن ریزی زیرآب باTremie و قیف

نوک لوله با یک صفحه فلزی با واشر لاستیکی بسته شده است. سپس لوله آب بندی شده در کف محل بتن‌ریزی قرار داده می‌شود. آنگاه نصف لوله با بتن پر می‌گردد. بعد دریچه باز شده و بتن ریزی آغاز می‌شود. هنگام ریختن بتن در لوله ممکن است قدری جداشدگی ذرات بتن بروز کند ولی مجدداً با هم در درون لوله مخلوط می‌شوند لذا مشکلی نیست.

بتن ریزی زیرآب با Tremie (قیف)

- در اعماق بسیار زیاد (بالای صد متر) نروژی‌ها یک لوله ثانویه بکار می‌برند تا لوله اولی را پر کند.
- وقتی لوله به مقدار قابل توجهی پر شد، آنگاه نوک لوله حدود ۱۵cm بالا آورده می‌شود تا جریان بتن بوجود آید. وقتی جریان برقرار شد، نوک لوله در درون بتن تازه قرار می‌گیرد. 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.

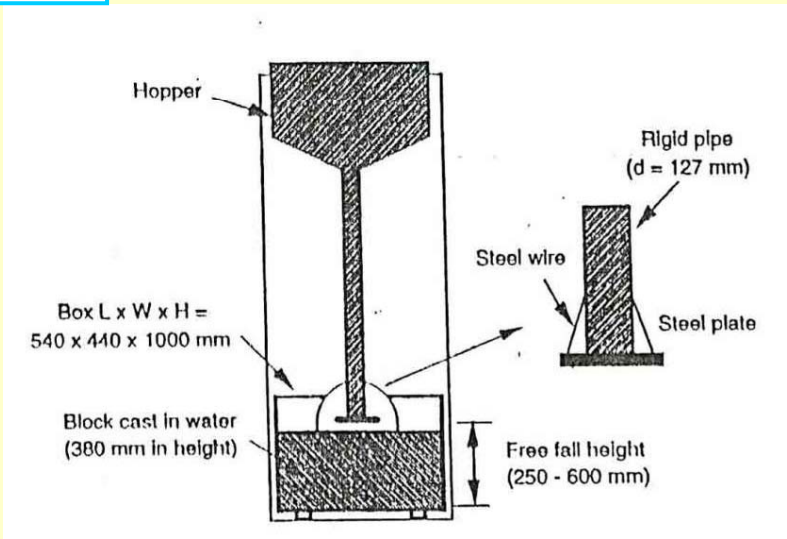
بتن ریزی زیرآب با Tremie (ادامه)

- هلندی‌ها روشی بنام Hydro Valve را ابداع کرده‌اند که در آن بتن خیلی خشک (اسلامپ ۸۰mm) با فشار درون لوله تغذیه شده و سپس از نوک لوله خارج می‌شود.
- 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

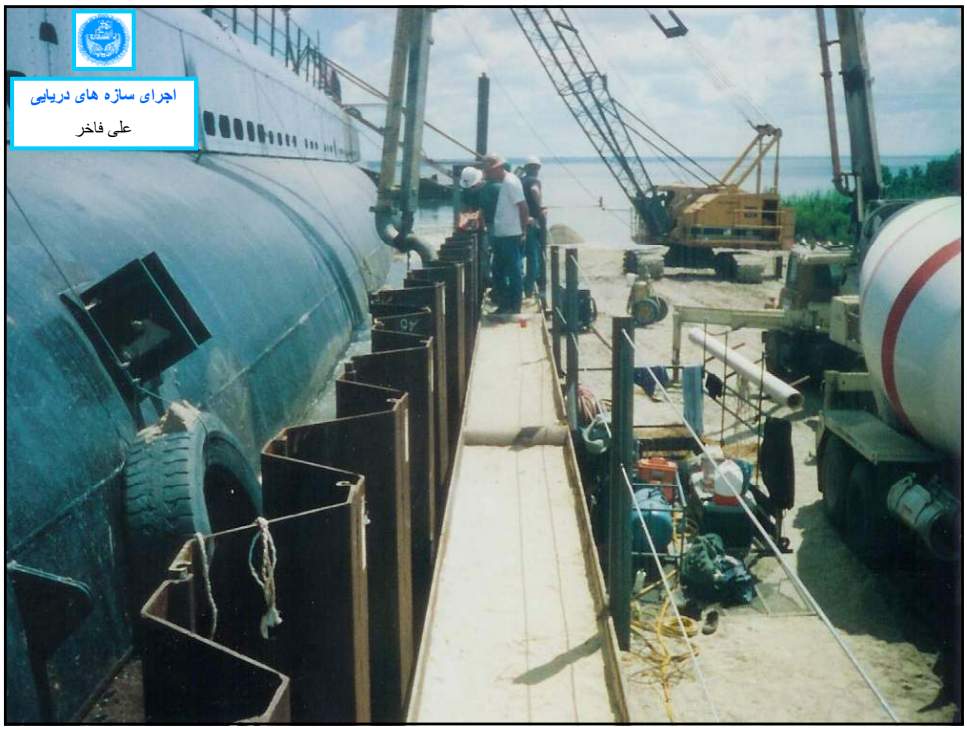
تحقیق در مورد بتن ریزی در زیر آب در شرایط نیمه آزمایشگاهی
(شرفی ، ۱۳۸۰)

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 نمی‌شود 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 ثقلی 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:

Cncrete 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.

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

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.

۸۳

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

پمپ بتن

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

۸۴

سه عامل تعیین کننده بتن خود متراکم

۱- قالبیت پر کنندگی قالب (روانی زیاد)

۲- مقامت 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 وکاهش 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 ٤ تا ٥ 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 می‌آید)
- پوشاندن سنگدانه با سایه بان
- خنک کردن سنگدانه درشت با عبور از میان تونل آب سرد

۸۸

ادامه توصیه های لازم برای کاهش دمای بتن در بتن 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 آبفشان (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 چرارت بیشتری می خواهد)

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

قرار دادن مصالح در زیر سایه بان

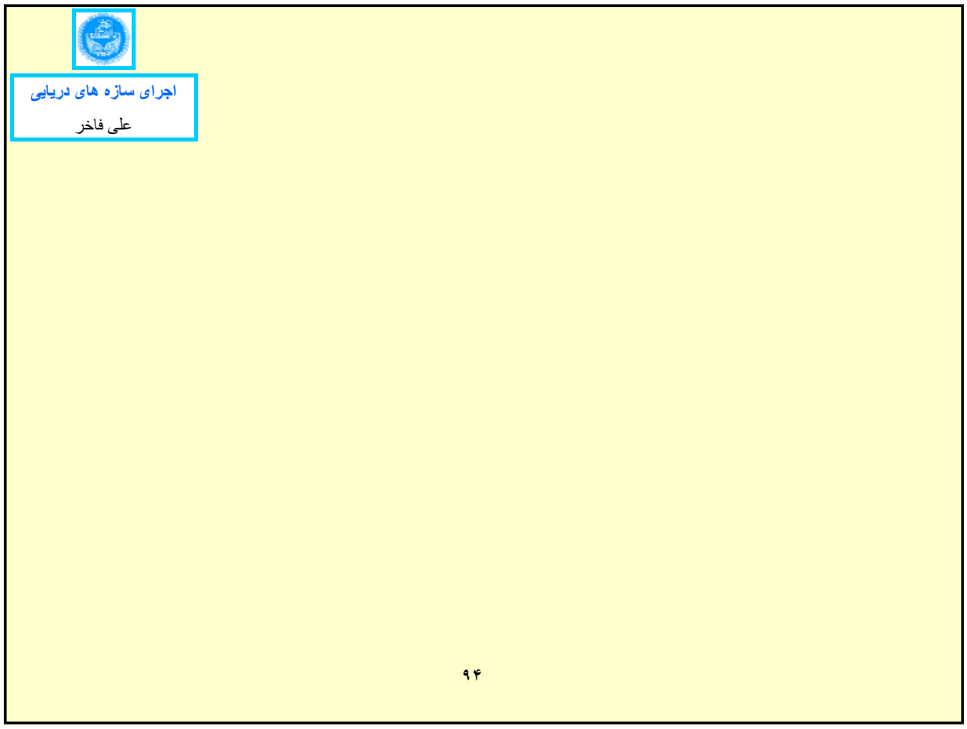
اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

اندازه گیری دمای بتن تازه

۹۲

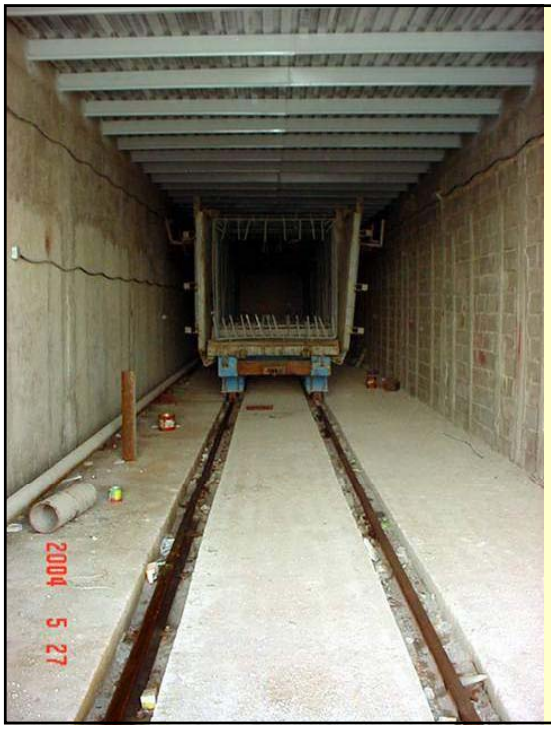
اجرای سازه های دریایی
علی فاخر
Ice flake
پولک یخ که جایگزین آب در میکسر میشود
۹۳


اجرای سازه های دریایی
علی فاخر
۹۴

اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

۹۵



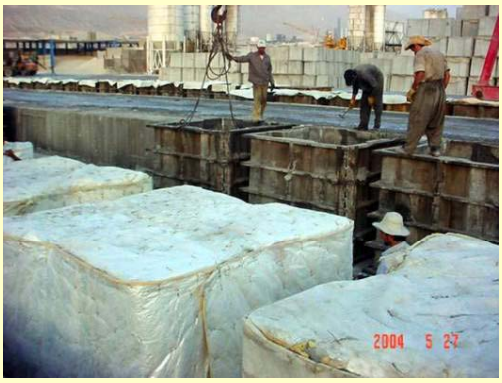
اتاقک بخار برای عمل آوری بلوکهای بتنی با بخار

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

۹۸