Archive OF SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

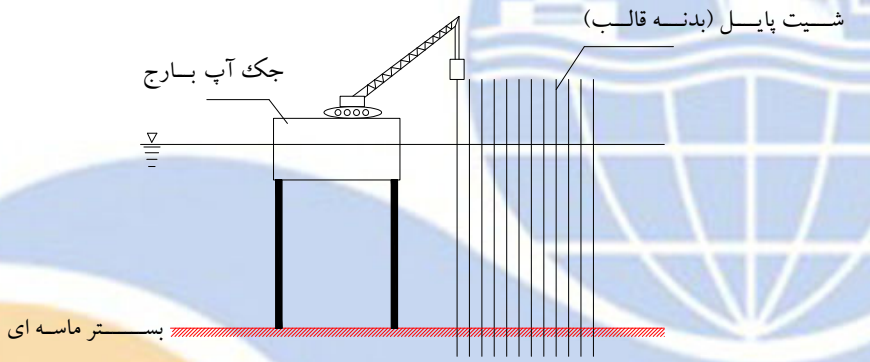
Archive of SID

ابداع یک قالب جدید برای بتن‌ریزی زیر تراز آب و در بستر سنگی ناهموار

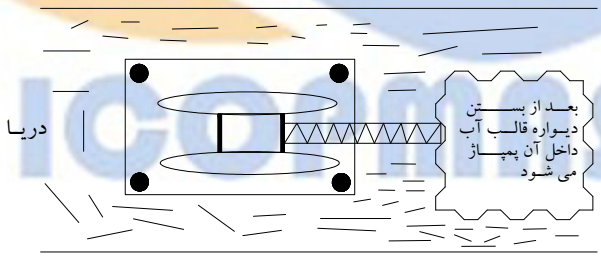
عباس میرزایی
کارشناس ارشد سازه های دریایی

As_mirzaei@yahoo.com

یکی از پیچیده‌ترین و مهم‌ترین بخش‌ها در اجرای سازه‌های دریایی اجرای قسمتهای زیر تراز آب است. اجرای فونداسیون پل‌های معلق و انواع دیگر پل‌ها در دریاها– ساخت پایه‌های خطوط انتقال انرژی در دریاها– اجرای بخش‌های تحتانی بسیاری از انواع سکوها و پلت فرم‌های دریایی و ساخت بسیاری از پروژه‌های دیگر دریایی بدون طراحی و اجرای عملیات پیچیده قالب‌بندی و بتن‌ریزی زیر تراز آب امکان‌پذیر نمی‌باشد.
در مواردی که جهت اجرای فونداسیون‌های زیر تراز آب ناچاریم بدون استفاده از اجرای پی‌های عمیق و شمع‌کوبی، مبادرت به اجرای فونداسیون سطحی متکی بر بستر دریا نماییم، مسئله کمی پیچیده‌تر شده و عملیات اجرایی نیاز به تدابیر خاص و ویژه‌ای دارند.
از آنجاییکه غالباً جنس بستر دریاها و اقیانوسها از نوع ماسه‌ای است اجرای فونداسیون در این بسترها روش‌های شناخته شده‌ای دارد. استفاده از کیسونهای دو طرف باز فلزی و یا استفاده از شیت پایلهایی که در بستر دریا کوبیده می‌شود از جمله این روشهاست. در این روش‌ها بعد از کوبیدن کیسونها و یا شیت پایلها در بستر ماسه‌ای و نفوذ قالب تا عمق مناسب در بستر دریاها، با استفاده از پمپاژ آب درون قالب محیط مناسب اجرای عملیات فلزی و بتنی در داخل قالب و در موقعیت طرح آغاز می‌شود. (شکل‌های ۱ و ۲)



شکل ۱– نمای کوبیدن قالب (شیت پایل) در زیر آب

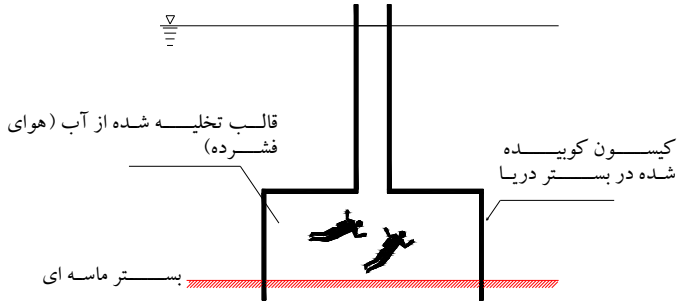


شکل ۲– پلان قالب زیر آب

از روشهای دیگر اجرای قالب‌بندی زیرآب استفاده از قالب و هوای فشرده است. در این روش بعد از کوبیدن قالب (کیسون یکطرف باز) در بستر ماسه‌ای و قابل نفوذ دریا با استفاده از هوای فشرده آب درون محدودهٔ کار (داخل قالب) به خارج رانده می‌شود و عوامل اجرایی با تجهیزات خاص مبادرت به اجرای عملیات فلزی و بتنی داخل قالب و زیر سطح آب می‌نمایند. پس از انجام کامل عملیات قالب از محل خود خارج می‌شود (شکل ۳) .

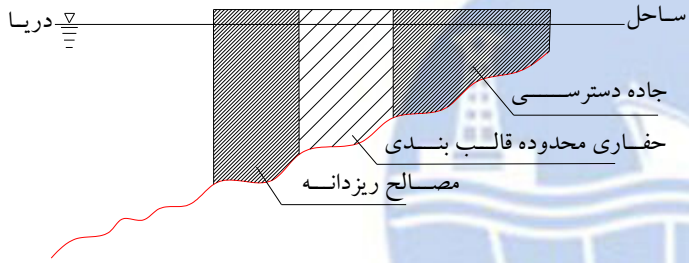
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- کیسون با هوای فشرده زیر تراز آب

البته جهت اجرای طرحهای دریایی در محدوده‌های نزدیک ساحل روشهای ساده دیگری را می‌توان انتخاب کرد که البته باید انتخاب این روشها کاملاً هوشمندانه و با توجه به شرایط فنی و اقتصادی طرح صورت گیرد.
بعنوان مثال یکی از این روشها آن است که با استفاده از مصالح ریزدانه رسی محدوده طرح خشک شود و سپس در محدوده خشک شده اقدام به حفاری و اجرای عملیات گردد (شکل ۴) .



شکل ۴- استفاده ازمصالح ریزدانه جهت خشک کردن محدوده طرح

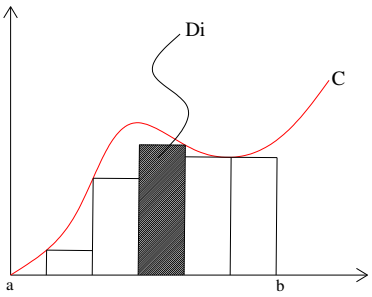
حال اگر ناچار باشیم مثلاً فونداسیون سازه دریایی را در منطقه‌ای از زیر آب (و دور از ساحل) اجرا نماییم که بستر دریا سنگی (غیرقابل نفوذ) و ناهموار باشد، اجرای عملیات قالب‌بندی و بتن‌ریزی در این موقعیت نه تنها دیگر کار ساده‌ای نیست بلکه بسیار دشوار و غیرممکن می‌نماید. چرا که کوبیدن کیسون فلزی یا شیت پایل فلزی در اینگونه بسترها عملی نمی‌باشد.
انجام عملیات در اینگونه بسترهای سخت و ناهموار می‌تواند با استفاده از قالب آکاردئونی بخوبی عملی شود. این قالب ابتکاری در یک پروژه واقعی مورد ارزیابی و تجربه قرار گرفت که نتیجه آن اجرای موفقیت‌آمیز فونداسیون یک پل در بستر سنگی ناهموار و ۷ متر زیر تراز آب بوده است.

تئوری مورد استفاده

استفاده از روش محاسبات عددی در محاسبه سطح زیر منحنی روش شناخته شده‌ای است. برای محاسبه سطح زیر منحنی C از نقطه a تا نقطه b کافی است این سطح را به مستطیل‌های کوچکتری تقسیم کنیم تا مجموع مساحت این مستطیل‌ها با تقریب قابل قبولی مساحت کل زیر منحنی C باشد. پر واضح است که هر چقدر عرض این مستطیل‌ها کوچکتر (تعداد مستطیل‌ها بیشتر) باشد خطای محاسباتی کمتر و دقت عملیات بالاتر می‌رود (شکل ۵).

www.SID.ir

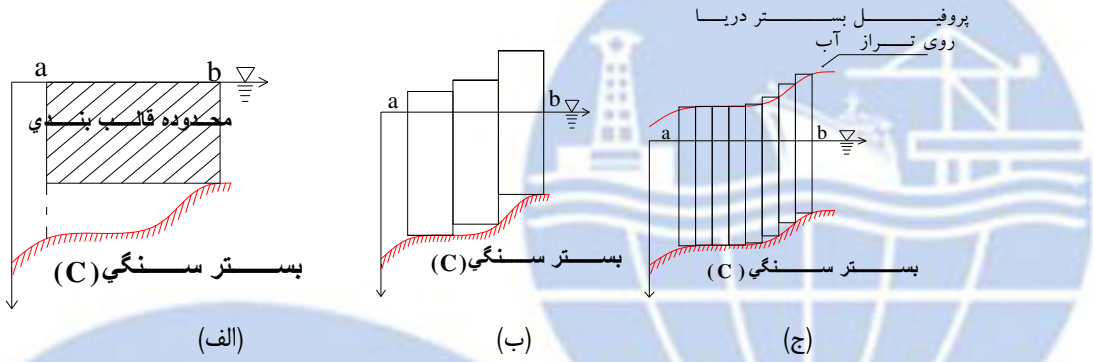
Archive of SID



$$\int_a^b c\,dx = \sum_0^n Di$$

شکل ۵- انتگرالگیری عددی و محاسبه سطح زیر منحنی

حال اگر فرض کنیم منحنی C همان بستر ناتراوای ناهموار دریا باشد و ما ناچار باشیم به هر صورتی نسبت به قالب‌بندی روی این بستر اقدام نماییم می‌توان با استفاده از این تئوری قالبی منعطف و سازگار با منحنی بستر طراحی کرد.

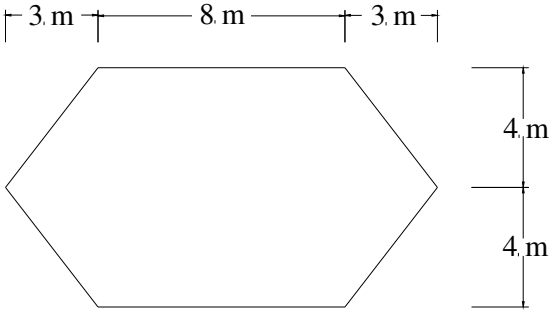


شکل ۶- تفکیک بدنه قالب مورد نظر به المان‌های کوچک‌تر

در این روش کافی است المان یکپارچه دیواره قالب (شکل ۶ الف) را به المان‌های کوچکی تبدیل کنیم تا این المان‌ها براحتی بتوانند بر کف بستر بنشینند و بدین‌ترتیب بخش تحتانی بدنه چند المانی قالب به شکل هر چه دقیق‌تر بر انحنای سطح بستر منطبق گردد. (شکل ۶ ب)
اگر این اتفاق صورت گیرد و در صورتی که المان‌های مورد استفاده دارای طولهای یکسانی باشند، سطح بالایی المان‌ها بطور دقیق وضعیت ناهمواری نشیمنگاه قالب (بستر دریا) را نشان خواهد داد. (شکل ۶ ج)

اجزاء قالب

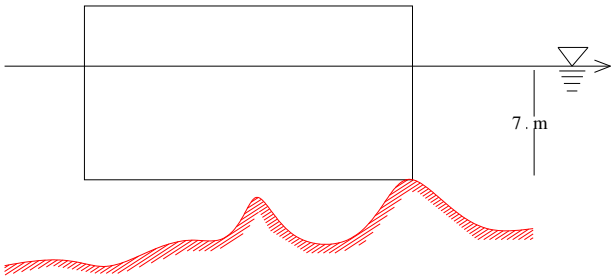
قالب مورد نظر قالبی است که جهت اجرای فونداسیون شش ضلعی غیرمنتظم پایه پل (شکل ۷) به عمق ۲ متر و ۷ متر زیر تراز آب (شکل ۸) مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل۷- پلان ابعاد تقریبی فونداسیون

www.SID.ir

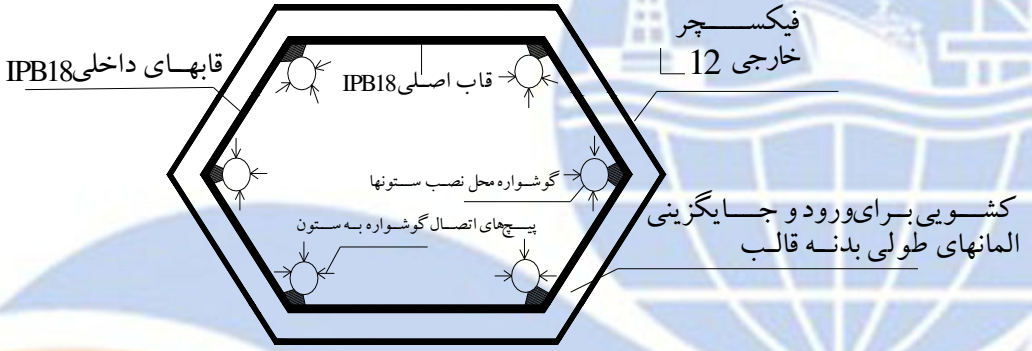
Archive of SID



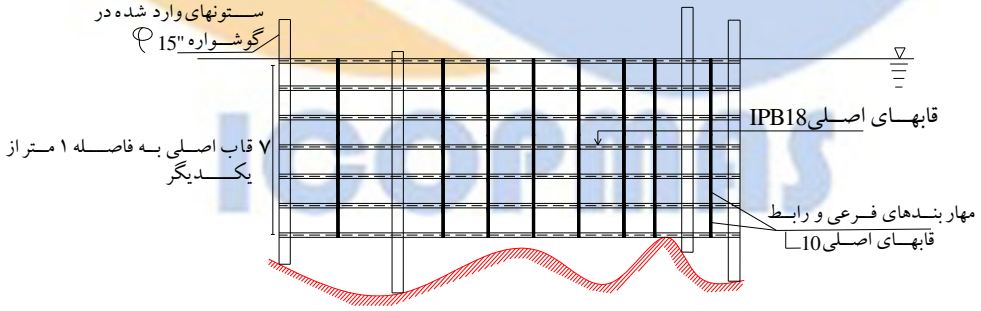
شکل۸- شکل تقریبی قالب اولیه نامناسب

قالب طراحی شده با استفاده از تئوری سطح زیر منحنی دارای اجزاء زیر است:

۱) سازه اصلی: متشکل از ستون‌ها و قاب‌های پیرامونی برای تحمل بارهای وارد بر قالب در حین اجرا می‌باشد. بعد از مدلسازی و آنالیز سازه، با استفاده از محتمل‌ترین بارهای وارده حین اجرای قالب از جمله بار هیدوراستاتیک آب و بار ناشی از جریان احتمالی آب و با در نظر گرفتن فضای کار (در داخل قالب) ابعاد قالب از هر طرف ۱/۵ متر اضافی در نظر گرفته می‌شود. قاب‌های اصلی همچون شکل‌های ۹ و ۱۰ طراحی و ساخته می‌شود.



شکل ۹- پلان قاب اصلی



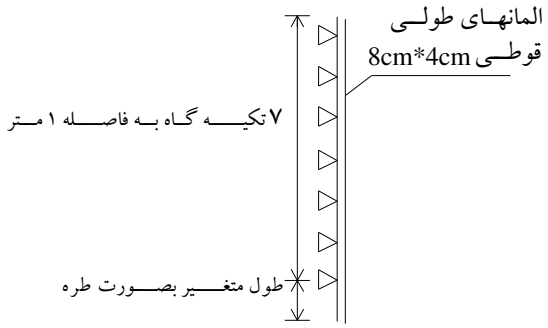
شکل۱۰- نمای مونتاژ شده سازه اصلی قالب

از مشخصات مهم کار آن است که تمامی اتصالات بصورت پیچ و مهره طراحی شده که پس از ساخت و حمل به محل مورد نظر بسادگی قابل مونتاژ مجدد می‌باشد.

۲) المان‌های قوطی (طولی) بدنه قالب: نقش این المان‌ها توزیع بارهای وارد بر قالب و نشان دادن پروفیل دقیق بستر محل کار در زیر آب است. از آنجایی که پایین‌ترین قاب اصلی همواره یک فاصله‌ای با بستر دارد (بدلیل اینکه بروی بالاترین برآمدگی کف بستر می‌نشیند) بنابراین تکیه‌گاههای این المان‌ها بروی سازه اصلی همچون شکل ۱۱ خواهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱۱- تکیه‌گاه المان‌های طولی قالب

در محاسبه و به دست آوردن ابعاد این المان‌های نازک طولی (به منظور پوشش بدنه اصلی قالب) چند فاکتور مهم است. یکی آن که حتی‌المقدور این المان‌ها نازک باشند (دارای عرض کمتری در یال در تماس با آب باشند) و دوم این که در انتهای سازه که این المان‌ها (تیرها) بصورت طره عمل می‌کنند بتوانند نیروی هیدرواستاتیک حداقل ۷ متر ستون آب را تحمل کنند. از طرفی تعداد این المان‌ها یک کار بهینه‌سازی می‌طلبد. نتیجه بهینه‌سازی‌ها و آزمایشات کارگاهی در این خصوص بهترین پروفیل را قوطی ۴×۸ بطول ۸ متر معرفی می‌کند.

۳) المان پوششی برای جلوگیری از نفوذ آب به داخل قالب: با مونتاژ و نصب قالبها و ستون‌های اصلی در محل اجرا و با اتمام چیدن المان‌های اصلی طولی بدنه قالب در کنار هم (وارد کردن آزاد آنها در کشویی قالبهای اصلی) در تمام محیط قالب (در صورت ثابت بودن طولها المان‌های طولی) سطح بالای تراز آب این المان‌ها کاملاً منطبق بر شکل بستر محل اجرا خواهد بود. اگر این منحنی (خارج از سطح آب) روی ورق مثلاً ۲ میلی‌متری بریده شده و بطور معکوس در کشویی‌ها وارد شوند (در قسمت بیرونی قالب) قادر خواهند بود براحتی درز بین المان‌های طولی را پوشش داده و بر بستر کار بنشینند و به این‌ترتیب از نفوذ آب به داخل قالب جلوگیری کنند.

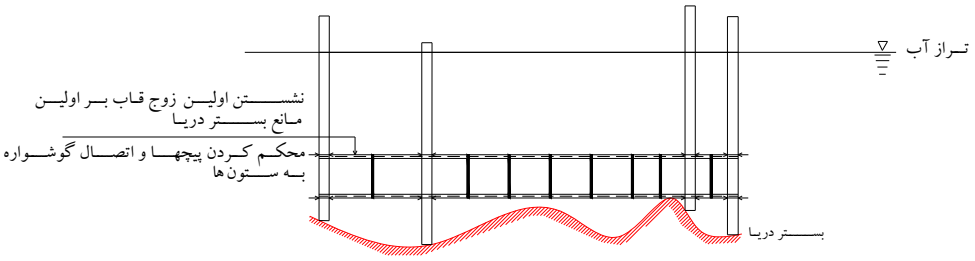
مراحل اجرای کار

پس از طراحی و ساخت قالب برای حل معضلات اجرایی بهتر است در محل مناسبی که دارای پستی و بلندی و ناهمواری منطبق بر شرایط کار باشد، قالب یکبار مونتاژ و نیروهای عملیاتی با مراحل و دقت‌های مورد نیاز آشنا شوند. پس از این مرحله قالب مجدداً باز و به محل نصب منتقل می‌گردد. مراحل اجرای کار بشرح ذیل است:

۱) مونتاژ یک زوج قالب اولیه (پایین‌ترین قاب) بهمراه گوشواره‌ها و مهاربندی‌های بین قالبها.

۲) نگه‌داشتن این زوج قاب در محل اجرا (با استفاده از جرثقیل) و وارد کردن ستون‌ها (بصورت سقوط آزاد) در داخل گوشواره‌ها تا بصورت کامل ستون‌ها در بستر بنشینند.

۳) تراز کردن زوج قاب بعد از فرو بردن در امتداد ستون‌ها در آب و شاقول کردن ستون‌ها و محکم کردن پیچ‌های اتصال گوشواره‌ها به ستون‌ها در زیر آب (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- مونتاژ زوج قاب‌های اول

۴) مونتاژ سایر قابها بهمراه مهارهای موقت آنها و وارد کردن آنها در ستون‌های شاقول شده و اتصال آنها به قاب‌های زیرین یکی پس از دیگری و محکم کردن پیچ گوشواره‌ها به ستون‌ها.

۵) چیدن المان‌های ۸ متری بدنه اصلی کنار هم (با دقت) با سقوط آزاد که کاملاً در بستر بنشینند.

www.SID.ir

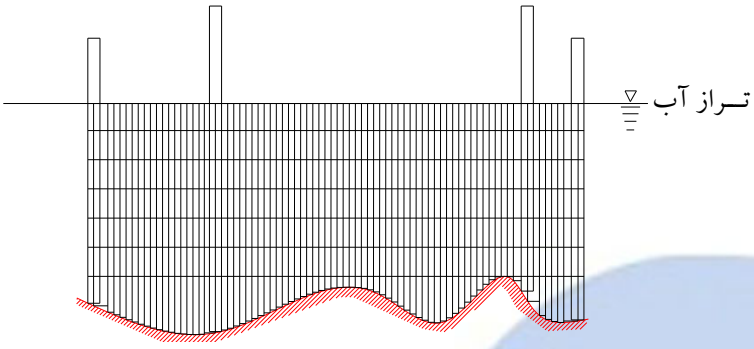
Archive of SID

۶) بریدن ورق ۲ میلی‌متری مطابق منحنی شکل بستر (منحنی المان‌های پروفیل‌های طولی) و ورود آزاد آنها در کشویی قاب‌های اصلی (شکل‌های ۱۳ و ۱۴).

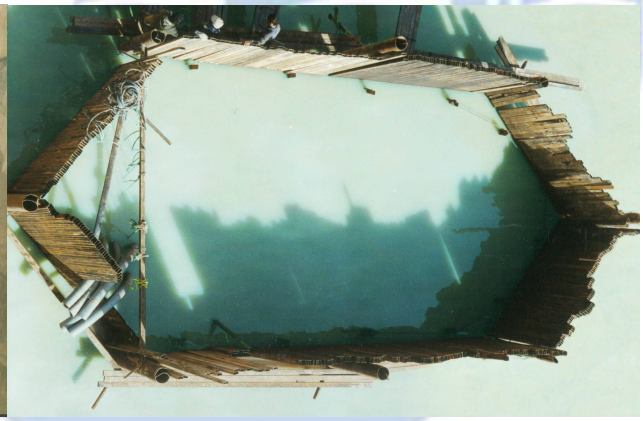
۷) پمپاژ آب داخل قالب و انجام عملیات فلزی و بتنی (داخل قالب) توجه شود که علی‌رغم دقت‌های بالایی که در اجرای قالب اعمال می‌شود نفوذ آب در هر حال در قالب وجود دارد که باید با پمپاژ مستمر و مداوم آن را کنترل کرد (شکل‌های ۱۵ و ۱۶).

۸) در پایان کار می‌تواند قالب در جای خود بماند یا بیرون کشیده شود.

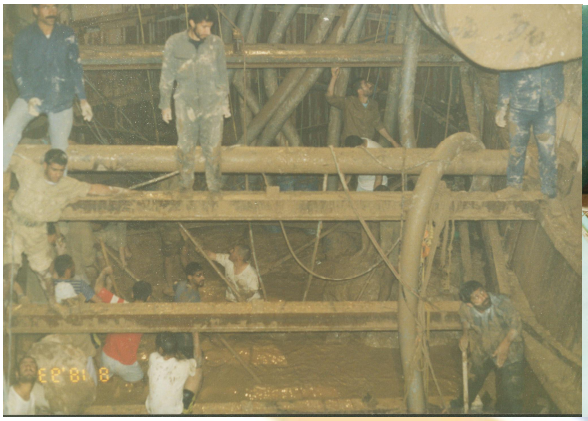
۹) نصب پایه‌های پل پس از اجرای فونداسیون (شکل ۱۷).



شکل ۱۳– بدنه قالب بعد از مونتاژ نهایی



شکل ۱۴– مونتاژ کامل قالب در محل

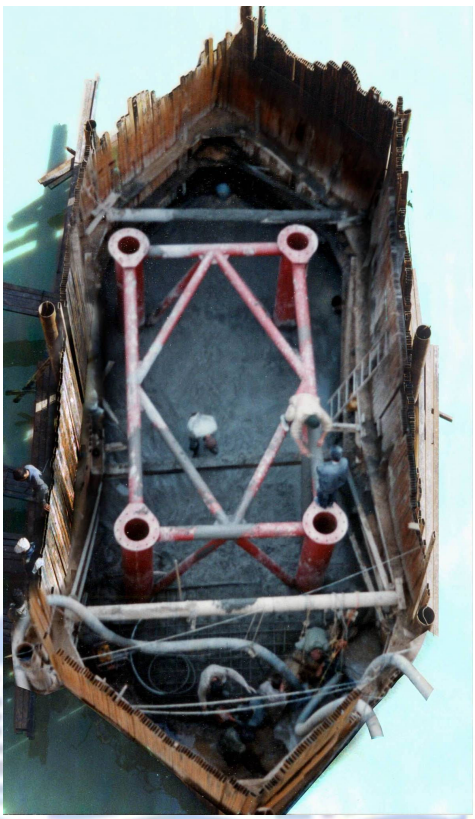


شکل ۱۵– پمپاژ آب و لایروبی درون قالب و انجام عملیات فلزی و بتنی

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۶- انجام عملیات فلزی و بتنی داخل قالب

شکل ۱۷- نصب پایه‌های پل پس از اجرای فونداسیون

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID

An Innovation in Forms using for Placing Concrete Under-Water or Uneven Rocky Beds

A. Mirzaee

Abstract

Implementation of under-water structures is the most complex and significant part of marine structure implementation. Implementation of suspended bridge foundation and other sorts of bridges at sea, implementation of underwater sections of an offshore platform and many other similar operations are not possible unless a very complicated process of concreting and molding concrete is carried out under water. Since orients and sea beds are predominantly sandy, implementation of foundation can be performed through a range of methods that are well-known. Utilization of metal Kayson which are open in both sides as well as utilization of pile sheets that are fixed at sea bed is good example for such well-known methods. Another method that can be resorted for the purpose of underwater implementation is using compressed air and mold. The problem is compounded when it is necessary to implement a marine structure foundation in an offshore site where bed is not even. In such a place, concreting and molding operations can hardly be performed and sometimes it may be unlikely, because an uneven surface does not allow metal Kayson or metal pile sheet to be performed well.

Keywords*: marine structure, concreting, suspended bridges foundation*

www.SID.ir