

به نام خداوند جبار و خرد

گرانقیمت ترین ثروت انسان دانشی است که خیر و نیکی از آن حاصل شود

درس اجزای ساختمان

گروه آموزشی عمران

مدرس و گردآورنده:

پیشرفت

فصل سوم

آشنایی با انواع فونداسیون و روش های اجرا و ویژگی آن ها

پاییز ۱۴۰۳

Types Of Foundation in Construction You Should Know About

انواع فونداسیون در ساخت و ساز که باید درباره آنها بدانید

When it comes to constructing a building, the foundation is the most crucial aspect that needs to be taken into consideration. The foundation of a building provides support and stability to the entire structure. There are different types of foundations in construction, and each type has its own advantages and disadvantages. The **type of building** getting constructed also plays an important role in deciding which type of foundation to move ahead with.

وقتی صحبت از ساخت یک ساختمان می شود، فونداسیون مهم ترین جنبه ای است که باید در نظر گرفته شود. فونداسیون ساختمان پشتیبانی و پایداری کل سازه را فراهم می کند. فونداسیون ها در ساخت و ساز انواع مختلفی دارند و هر کدام مزایا و معایب خاص خود را دارند. نوع ساختمانی که ساخته می شود نیز نقش مهمی در تصمیم گیری با کدام نوع فونداسیون دارد.

The type of foundation used in a building construction project depends on various factors such as soil conditions, load capacity, and design. The foundation needs to be designed in such a way that it can withstand the weight of the building and the forces acting upon it. Different types of foundations are used based on the soil type, building size, and environmental conditions. It is important to choose the right type of foundation to ensure the safety and stability of the building. Also, it is highly advisable to have access to a pool of experts with in-depth knowledge of various types of foundations and their practical applications just like we have at Dhinwa Construction.

نوع فونداسیون مورد استفاده در پروژه ساخت ساختمان به عوامل مختلفی از جمله شرایط خاک، ظرفیت بارگذاری و طراحی بستگی دارد. فونداسیون باید به گونه ای طراحی شود که بتواند وزن ساختمان و نیروهای وارد بر آن را تحمل کند. انواع مختلفی از پی ها بر اساس نوع خاک، اندازه ساختمان و شرایط محیطی استفاده می شود. مهم است که نوع فونداسیون مناسب را برای اطمینان از ایمنی و پایداری ساختمان انتخاب کنید. همچنین، بسیار توصیه می شود که به مجموعه ای از متخصصان با دانش عمیق در مورد انواع مختلف فونداسیون ها و کاربردهای عملی آنها مانند آنچه در ساخت و ساز Dhinwa داریم، دسترسی داشته باشید.

In this article, we will discuss the different types of foundations used in building construction. We will explore the suitability, advantages, and disadvantages of each type of foundation based on soil conditions, load capacity, and design. By the end of this article, you will have a better understanding of the different types of foundation and their uses in building construction. Having constructed various **flats in Jaipur** and beyond, which are basically high-rise buildings, let's dig straight into the fundamentals of foundations.

در این مقاله به انواع پی های مورد استفاده در ساخت و ساز ساختمان می پردازیم. ما مناسب بودن، مزایا و معایب هر نوع فونداسیون را بر اساس شرایط خاک، ظرفیت بارگذاری و طراحی بررسی خواهیم کرد. در پایان این مقاله، درک بهتری از انواع فونداسیون و کاربرد آنها در ساخت و ساز ساختمان خواهید داشت. پس از ساختن آپارتمان های مختلف در جیپور و فراتر از آن، که اساساً ساختمان های بلندمرتبه هستند، بیایید مستقیماً به اصول پایه ها بپردازیم.

Foundation Fundamentals

1. Purpose of Foundations

هدف انتخاب و طراحی فونداسیون ها



Foundations are an essential component of any building structure. They serve as the base on which the entire weight of the building rests. The primary purpose of a foundation is to transfer the load of the building to the ground in a safe and stable manner. A good foundation ensures that the building remains stable and does not sink or collapse due to the weight of the structure or external factors such as **weather conditions** or natural disasters.

فونداسیون ها جزء ضروری هر سازه ساختمانی هستند. آنها به عنوان پایه ای عمل می کنند که کل وزن ساختمان بر آن استوار است. هدف اولیه فونداسیون انتقال بار ساختمان به زمین به صورت ایمن و پایدار است. یک فونداسیون خوب باعث می شود که ساختمان پایدار بماند و به دلیل وزن سازه یا عوامل خارجی مانند شرایط آب و هوایی یا بلایای طبیعی فرو نرود یا فرو نریزد.

2. Factors Influencing Foundation Selection

Several factors influence the selection of a foundation for a building. The type of foundation chosen depends on the soil conditions, the size and weight of the building, and the environmental conditions of the area. The following factors are considered while selecting a foundation:

۲- عوامل مؤثر در انتخاب نوع فونداسیون

عوامل متعددی در انتخاب فونداسیون برای یک ساختمان تأثیر می گذارد. نوع فونداسیون انتخابی به شرایط خاک، اندازه و وزن ساختمان و شرایط محیطی منطقه بستگی دارد. هنگام انتخاب فونداسیون، عوامل زیر در نظر گرفته می شود:

- **Soil Type:** The type of soil on which the building is to be constructed plays a crucial role in determining the type of foundation required. **Different soil types** have varying load-bearing capacities, which affects the stability of the building.
 - نوع خاک: نوع خاکی که قرار است ساختمان روی آن ساخته شود، نقش تعیین کننده ای در تعیین نوع پی مورد نیاز دارد. انواع مختلف خاک دارای ظرفیت های باربری متفاوتی هستند که بر پایداری ساختمان تأثیر می گذارد.
 - **Building Size and Weight:** The size and weight of the building determine the depth and width of the foundation required. A larger and heavier building requires a deeper and wider foundation to ensure stability.
 - اندازه و وزن ساختمان: اندازه و وزن ساختمان تعیین کننده عمق و عرض پی مورد نیاز است. یک ساختمان بزرگتر و سنگین تر برای اطمینان از پایداری نیاز به یک پایه عمیق تر و گسترده تر دارد.
 - **Environmental Conditions:** The environmental conditions of the area, such as seismic activity and wind loads, also play a crucial role in determining the type of foundation required. The foundation must be designed to withstand these external factors.
 - شرایط محیطی: شرایط محیطی منطقه مانند فعالیت لرزه ای و بارهای باد نیز نقش تعیین کننده ای در تعیین نوع پی مورد نیاز دارند. فونداسیون باید طوری طراحی شود که در برابر این عوامل خارجی مقاومت کند.
 - **Cost:** The cost of the foundation is also a significant factor in determining the type of foundation required. A shallow foundation is generally less expensive than a deep foundation.
- In conclusion, a foundation is an essential component of any building structure. The type of foundation selected depends on various factors such as soil conditions, building size and weight, environmental conditions, and cost. A good foundation ensures that the building remains stable and safe for its occupants.

- هزینه: هزینه فونداسیون نیز عامل مهمی در تعیین نوع فونداسیون مورد نیاز است. یک فونداسیون کم عمق عموماً ارزاتر از فونداسیون عمیق است. در نتیجه، فونداسیون جزء ضروری هر سازه ساختمانی است. نوع فونداسیون انتخابی به عوامل مختلفی از جمله شرایط خاک، اندازه و وزن ساختمان، شرایط محیطی و هزینه بستگی دارد. یک فونداسیون خوب تضمین می کند که ساختمان پایدار و ایمن برای ساکنانش باقی می ماند.

What are the different types of foundations used in construction?

1. Shallow Foundations

پی های کم عمق



Shallow foundations are types of foundations that transfer building loads to the earth near the surface, rather than to a subsurface layer. They are suitable for buildings with light loads or in areas with strong soil. Shallow foundations are also cost-effective and easy to construct.

پی های کم عمق انواعی از پی ها هستند که بار ساختمان را به جای لایه زیرین به زمین نزدیک به سطح منتقل می کنند. آنها برای ساختمان هایی با بارهای سبک یا در مناطقی با خاک قوی مناسب هستند. فونداسیون های کم عمق نیز مقرون به صرفه و آسان برای ساخت هستند.

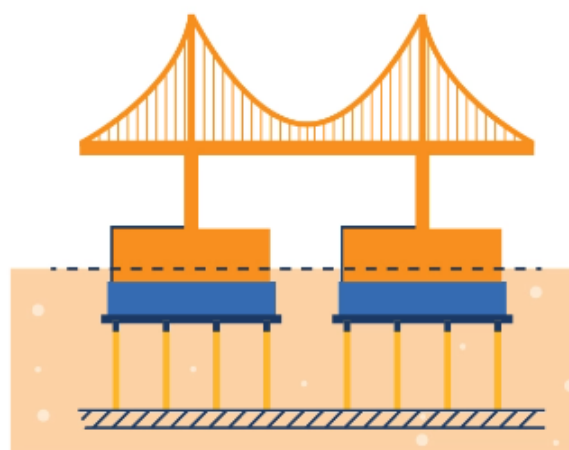
SHALLOW VS DEEP FOUNDATIONS



Shallow Foundations

Used to: Handle the weight distribution for smaller and lighter buildings where the structure is **less than six feet** deep

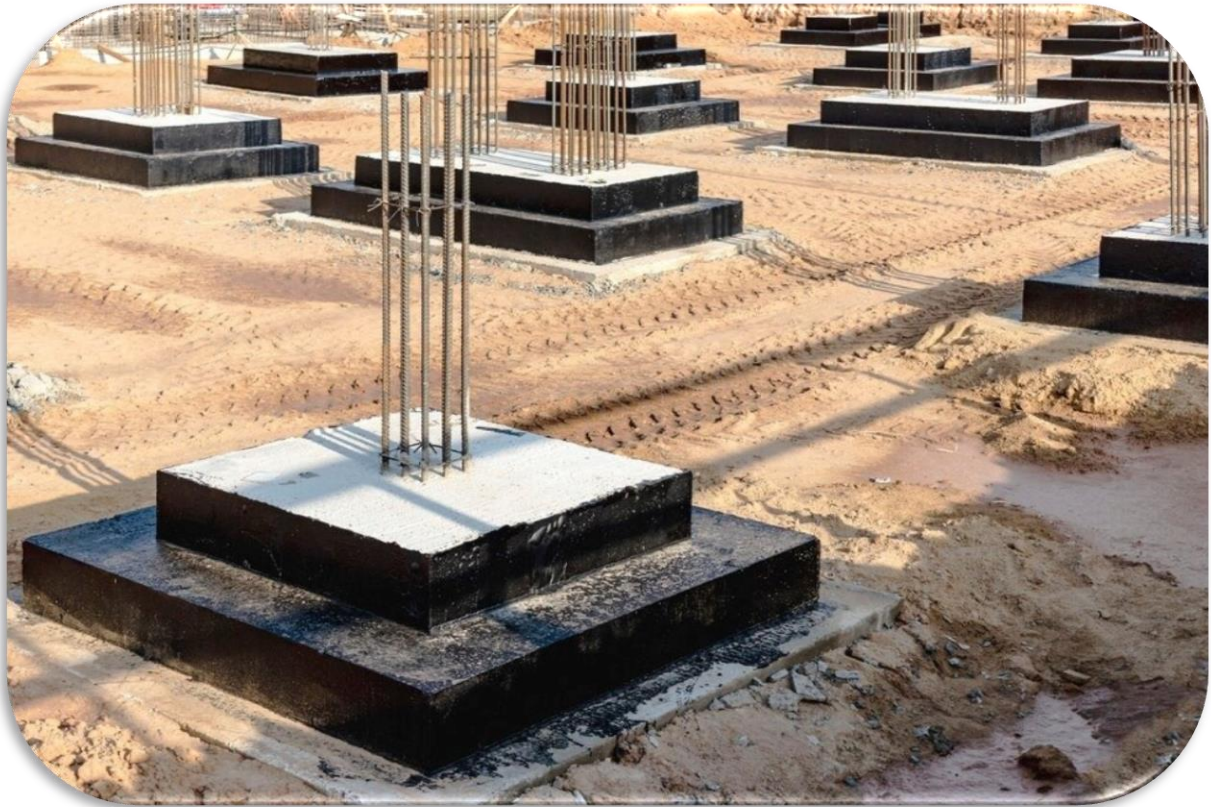
Examples: Residential homes



Deep Foundations

Used to: Transfer the weight of the superstructure to a layer of bedrock (down to a depth of **250+ feet**) to ensure structural stability

Examples: Skyscrapers, bridges, and shopping centers



Advantages

- They're cost-effective and simple.
- They don't require much excavation and need only fewer materials, helping reduce construction costs.

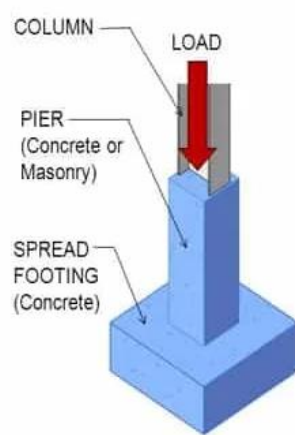
- مقرون به صرفه و ساده هستند.
- به خاکبرداری زیادی نیاز ندارند و با استفاده از متریال کمتر به کاهش هزینه های ساخت و ساز کمک می کند.

Disadvantages

- They don't go hand in hand with all soil types
- They can incur damage to changes in soil conditions, such as variations in moisture.
- They aren't ideal for heavy structures or those with significant load-bearing requirements.

- با همه انواع خاک دست به دست نمی شوند
- می توانند در اثر تغییرات در شرایط خاک، مانند تغییرات رطوبت، آسیب ببینند.
- برای سازه های سنگین یا سازه هایی که نیازهای باربری قابل توجهی دارند ایده آل نیستند.

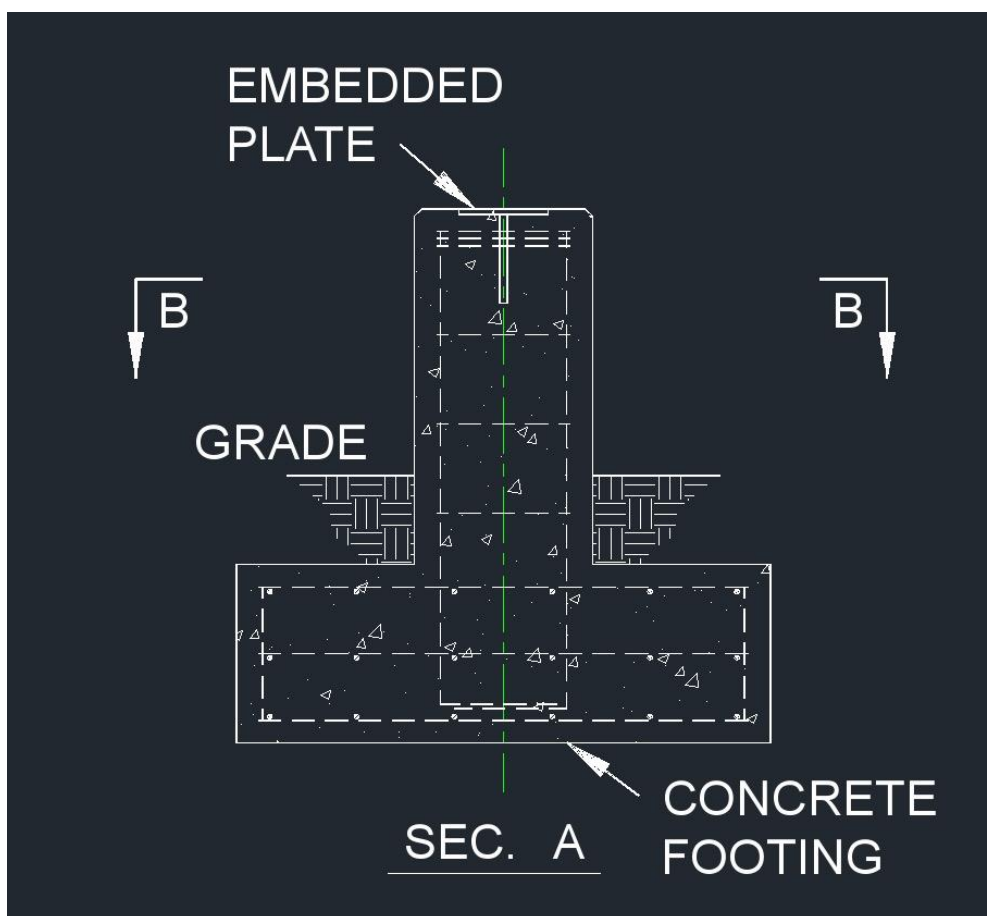
Spread (Column) Footing



- The widened part of a foundation that spreads a column load over a broader area of soil
- Design based on
 - Soil Bearing Capacity
 - Column Load

Spread footing is a type of shallow foundation used for single columns or pillars. It is a rectangular or square-shaped foundation that bears the load of the column and transfers it to the soil below. Spread footings are commonly used in residential construction and light commercial buildings.

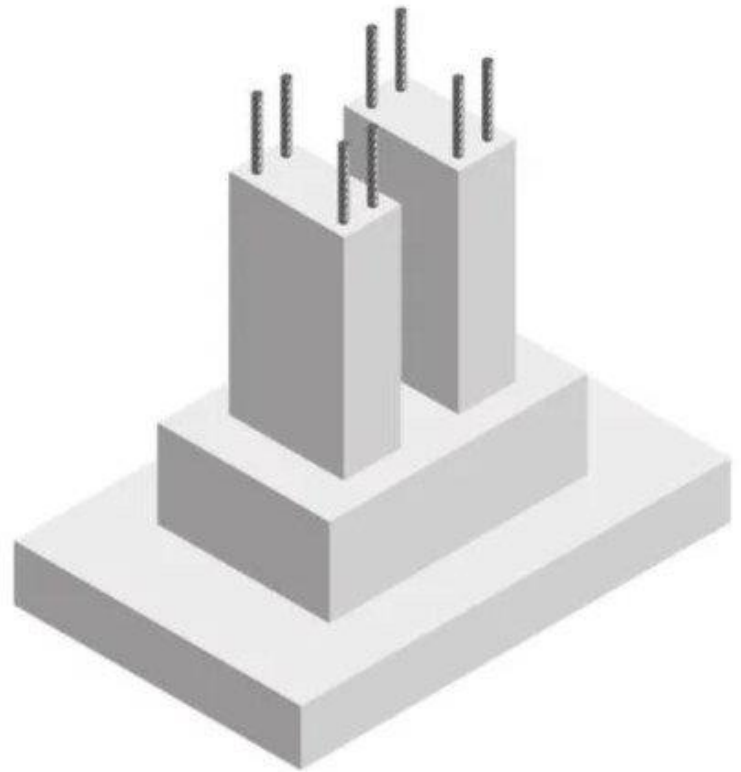
پایه های پهن نوعی پی کم عمق است که برای تک ستون ها یا ستون ها استفاده می شود. پی مستطیلی یا مربعی شکل است که بار ستون را تحمل کرده و به خاک زیرین منتقل می کند. پایه های پهن معمولاً در ساخت و سازهای مسکونی و ساختمان های تجاری سبک استفاده می شود.



Advantages

- Firstly, they provide excellent support for multiple columns and help prevent differential settlement.
- What's more, they can also save space and decrease excavation costs.

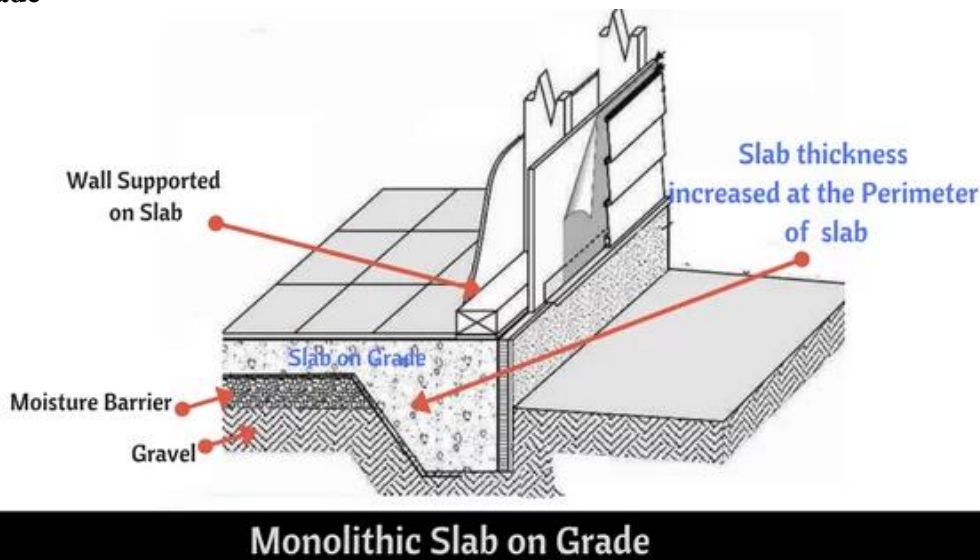
اولاً، آنها پشتیبانی عالی برای ستون های متعدد ارائه می دهند و به جلوگیری از نشست دیفرانسیل کمک می کنند. علاوه بر این، آنها همچنین می توانند در فضا صرفه جویی کنند و هزینه های حفاری را کاهش دهند.



Disadvantages

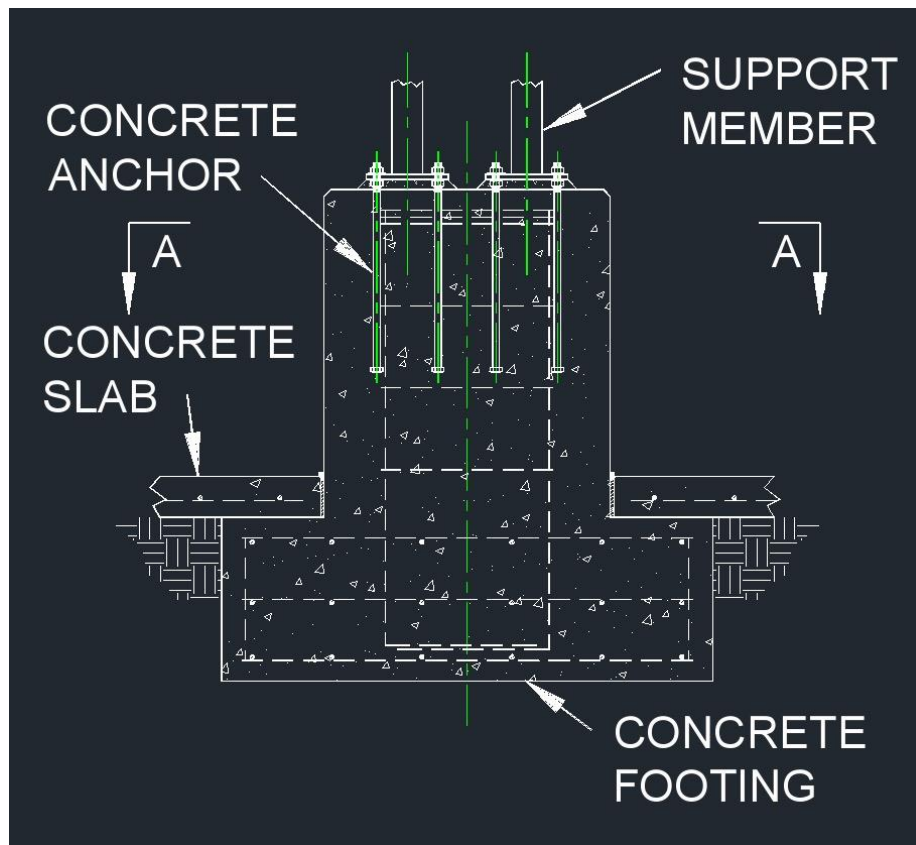
- Its design part can be difficult and require careful calculations and expertise.
 - They can be expensive because they require more concrete and reinforcement.
- بخش طراحی آن می تواند دشوار باشد و نیاز به محاسبات و تخصص دقیق دارد.
آنها می توانند گران باشند زیرا به بتن و آرماتور بیشتری نیاز دارند.

b) Slab-on-Grade

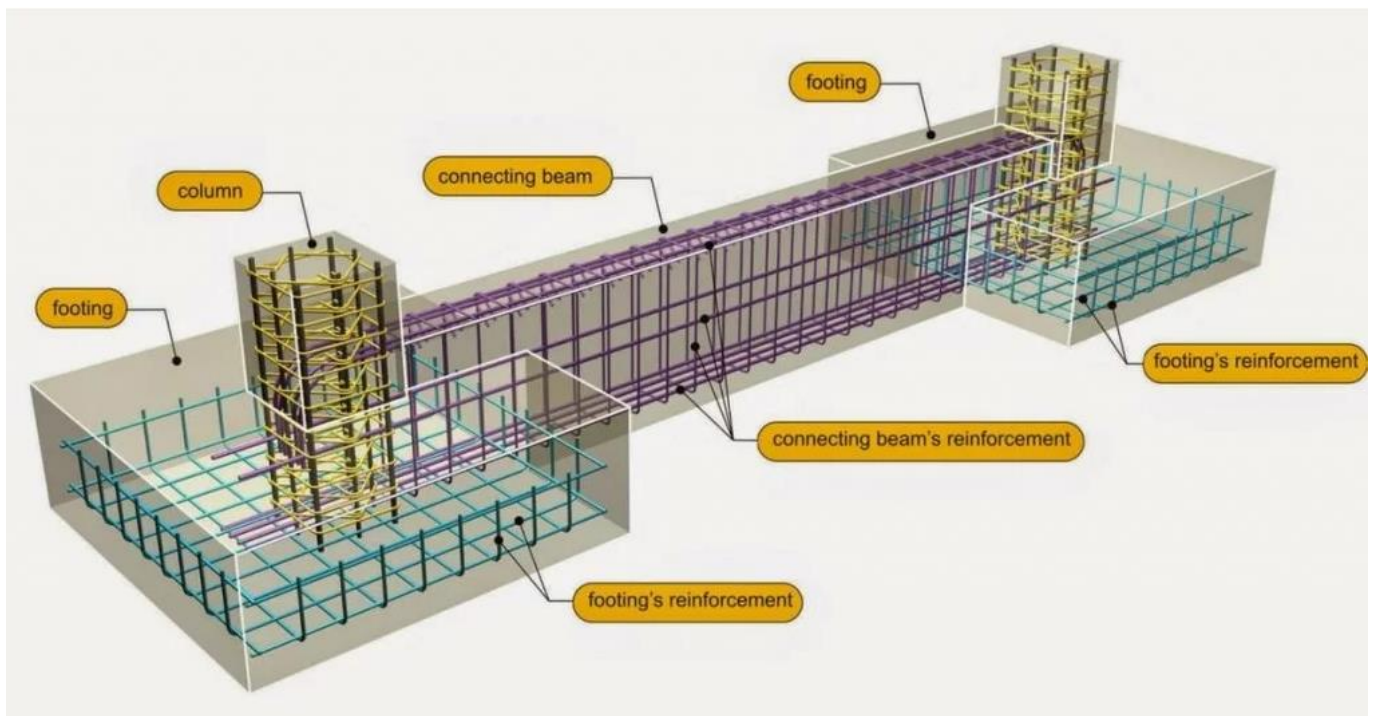


A slab-on-grade foundation is a type of shallow foundation where the concrete slab is poured directly onto the ground. It is commonly used in areas with high water tables or expansive soils. The slab-on-grade foundation is cost-effective and easy to construct. It is commonly used in residential construction and light commercial buildings.

فونداسیون دال روی پایه نوعی پی کم عمق است که در آن دال بتنی مستقیماً بر روی زمین ریخته می شود. معمولاً در مناطقی با سطح آب بالا یا خاک های وسیع استفاده می شود. فونداسیون دال روی درجه مقرون به صرفه است و ساخت آن آسان است. معمولاً در ساخت و سازهای مسکونی و ساختمان های تجاری سبک استفاده می شود.



c) Mat Foundations پی گسترده



Mat foundations are also known as raft foundations. They are a type of shallow foundation that spreads the load from the building over a large area. The mat foundation is like a raft floating on the soil, hence the name. It is suitable for buildings with heavy loads or in areas with weak soil. Mat foundations are commonly used in high-rise buildings, industrial buildings, and bridges.

فونداسیون های حصیری به پایه های رافت نیز معروف هستند. آنها نوعی فونداسیون کم عمق هستند که بار را از ساختمان در یک منطقه بزرگ پخش می کنند. فونداسیون حصیر مانند یک قایق شناور بر روی خاک است، از این رو به این نام می گویند. برای ساختمان هایی با بارهای سنگین یا در مناطقی با خاک ضعیف مناسب است. فونداسیون های حصیری معمولاً در ساختمان های بلند، ساختمان های صنعتی و پل ها استفاده می شود.

In conclusion, shallow foundations are suitable for buildings with light loads or in areas with strong soil. Spread footings, slab-on-grade, and mat foundations are the most common types of shallow foundations used in building construction. The choice of foundation type depends on the building load, soil conditions, and cost.

در نتیجه، پی های کم عمق برای ساختمان هایی با بار سبک یا در مناطقی با خاک قوی مناسب است. پایه های پهن، پایه های تخته ای و حصیر متداول ترین انواع پی های کم عمق هستند که در ساخت و ساز ساختمان مورد استفاده قرار می گیرند. انتخاب نوع پی به بار ساختمان، شرایط خاک و هزینه بستگی دارد.



Advantages

- They provide excellent stability and evenly distribute the load across the entire footprint of the building, reducing the risk of differential settlement.
- They also require less excavation depth than deep foundations.
- پایداری عالی را ارائه می دهند و بار را به طور یکنواخت در کل ساختمان توزیع می کنند و خطر نشست دیفرانسیل را کاهش می دهند.
- همچنین به عمق حفاری کمتری نسبت به پی های عمیق نیاز دارند .

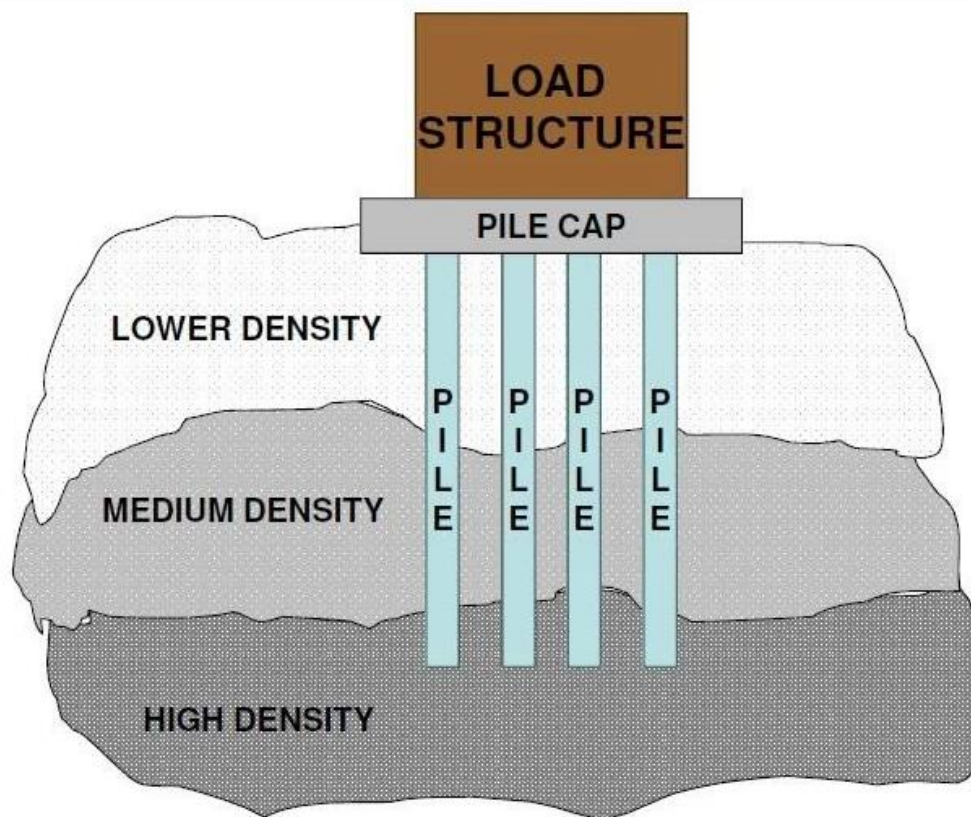
Disadvantages

- They can be expensive due to the large amount of concrete required.
- They're not suitable in areas with high groundwater levels or aggressive soil conditions.
- می توانند گران باشند به دلیل مقدار زیادی بتن مورد نیاز.
- در مناطقی با سطح آب زیرزمینی بالا یا شرایط خاک تهاجمی مناسب نیستند.

Deep foundations are used in construction when the soil near the surface is weak or compressible to support the loads of the structure. They are designed to transfer the building's load to the deep part of the ground where the soil is strong enough to support it. There are three types of deep foundations that are commonly used in building construction: pile foundations, drilled shafts, and caissons.

زمانی که خاک نزدیک سطح برای تحمل بارهای سازه ضعیف یا قابل تراکم باشد در ساختمان سازی از پی های عمیق استفاده می شود. آنها به گونه ای طراحی شده اند که بار ساختمان را به قسمت عمیق زمین که در آن خاک آنقدر قوی است که بتواند آن را تحمل کند، منتقل کنند. سه نوع پی عمیق وجود دارد که معمولاً در ساخت و ساز ساختمان استفاده می شود: پایه های شمع، محوره های حفاری شده و کیسون ها.

a) Pile Foundations



Pile foundations are long, slender, structural elements made of wood, concrete, or steel. They are driven into the ground to transfer the building's load to the firm soil or rock layer beneath. Piles can be driven vertically or at an angle to provide additional lateral support. They are used in situations where the soil is not strong enough to support the building's weight or where the building is located in an area prone to earthquakes or other natural disasters.

پایه های شمع عناصر بلند، باریک و ساختاری هستند که از چوب، بتن یا فولاد ساخته شده اند. آنها به داخل زمین رانده می شوند تا بار ساختمان را به خاک سفت یا لایه سنگ زیرین منتقل کنند. شمع ها را می توان به صورت عمودی یا زاویه دار هدایت کرد تا پشتیبانی جانبی اضافی ایجاد کند. آنها در شرایطی استفاده می شوند که خاک آنقدر قوی نیست که بتواند وزن ساختمان را تحمل کند یا در جایی که ساختمان در منطقه ای مستعد زلزله یا سایر بلایای طبیعی قرار دارد.

Advantages

- Their load-bearing capacity is impressive.
 - They are good at resisting uplift forces effectively.
 - They are suitable for areas with challenging soil conditions or high water tables.
- ظرفیت تحمل بار آنها قابل توجه است.
 - آنها در مقاومت موثر در برابر نیروهای بالابرنده خوب هستند.
 - آنها برای مناطقی با شرایط خاکی چالش برانگیز یا سطح آب بالا مناسب هستند.

Disadvantages

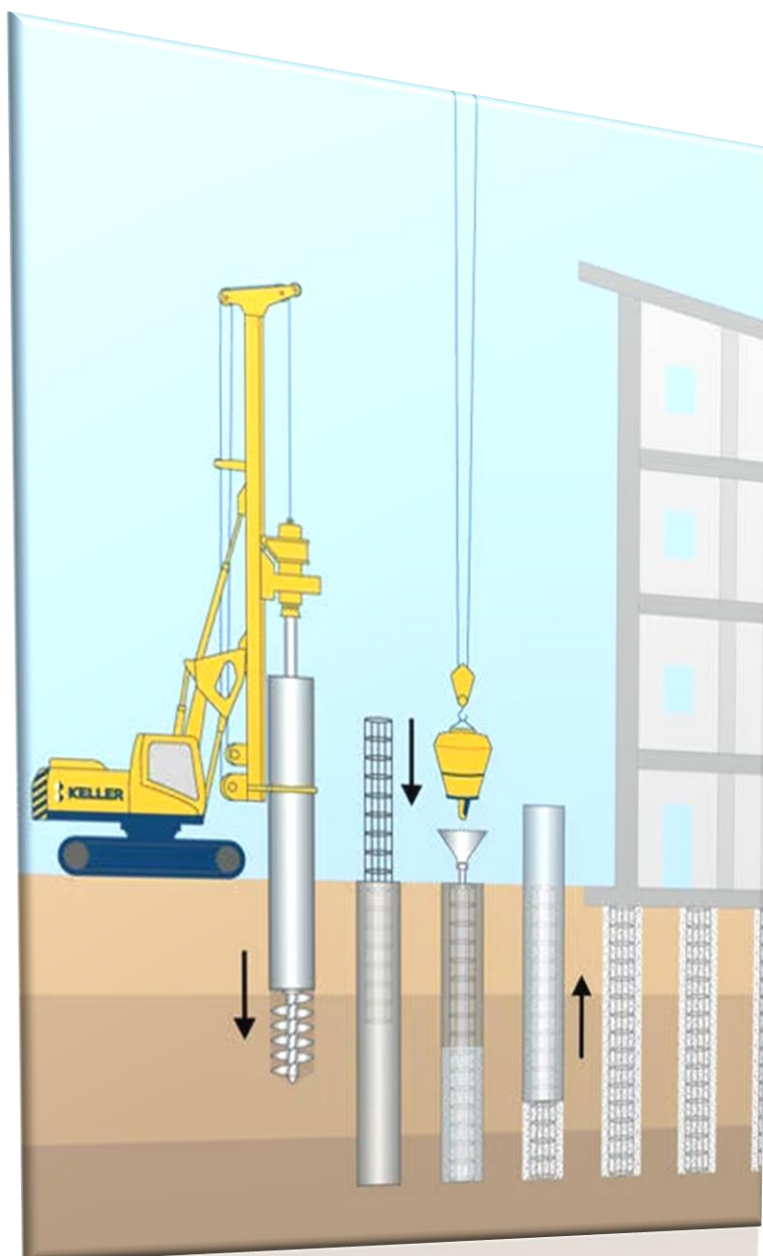
Pile foundation construction is time-consuming and requires substantial investment.

It also demands skilled labour and precise engineering calculations.

- ساخت فونداسیون شمع زمان بر است و نیاز به سرمایه گذاری قابل توجهی دارد.
- همچنین به نیروی کار ماهر و محاسبات مهندسی دقیق نیاز دارد.

b) Drilled Shafts

شفت های حفاری شده



Drilled shafts, also known as bored piles, are cylindrical holes that are drilled into the ground and filled with concrete. They are used to transfer the building's load to the firm soil or rock layer beneath. Drilled shafts are commonly used in areas where the soil is too weak to support the building's weight or where the building is located in an area prone to earthquakes or other natural disasters.

شفت های حفاری که به آن شمع های حفاره ای نیز می گویند، سوراخ های استوانه ای هستند که در زمین حفر می شوند و با بتن پر می شوند. آنها برای انتقال بار ساختمان به خاک سفت یا لایه سنگ زیر استفاده می شوند. شفت های حفاری معمولاً در مناطقی استفاده می شود که خاک آنقدر ضعیف است که وزن ساختمان را تحمل کند یا در جایی که ساختمان در منطقه ای مستعد زلزله یا سایر بلایای طبیعی قرار دارد.

Advantages

- They provide greater stability for structures built on poor soils or areas with high water tables.
- They can resist uplift forces from wind or seismic activity better than shallow foundations.

- پایداری بیشتری را برای سازه هایی که بر روی خاک های ضعیف یا مناطقی با سطح آب بالا ساخته شده اند، فراهم می کنند.
- بهتر از پی های کم عمق می توانند در برابر نیروهای بالابرنده ناشی از باد یا فعالیت های لرزه ای مقاومت کنند.

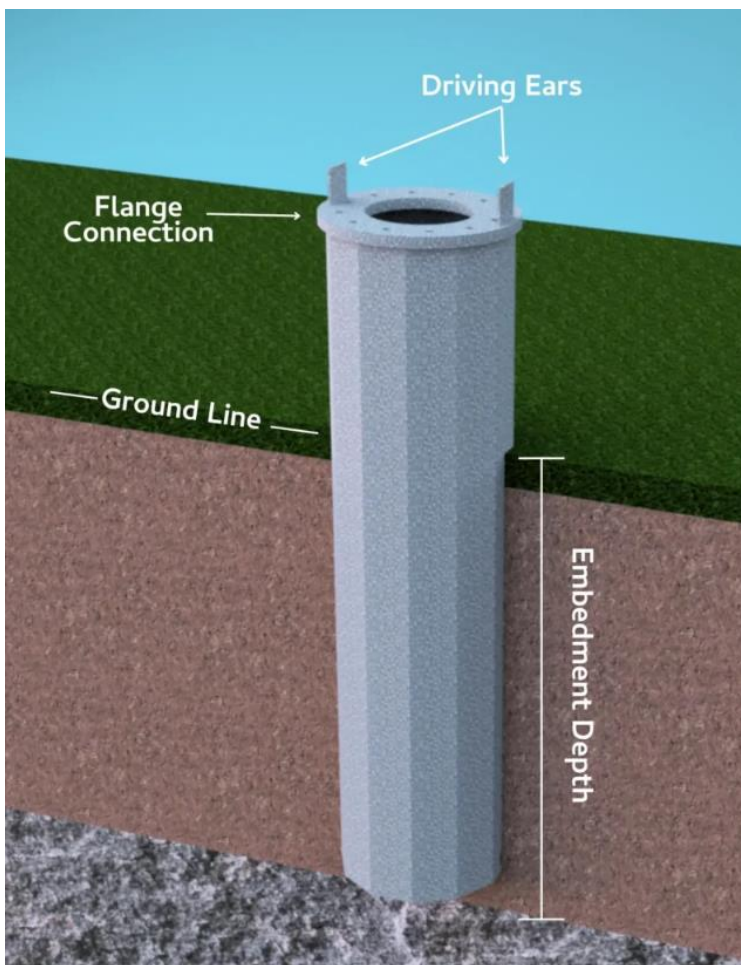
Disadvantages

- آنها پیچیده هستند.
- They are complex.
- They are expensive.
- Their installation requires special equipment and techniques.
- Mistakes in installation can be costly to repair.
- گران هستند.
- نصب آنها نیاز به تجهیزات و تکنیک های خاصی دارد.
- تعمیر اشتباهات در نصب ممکن است پرهزینه باشد.

c) Caissons

پی های صندوقه ای

Caissons are large, watertight structures that are sunk into the ground to support the weight of the building. They are typically used in areas where the soil is too weak to support the building's weight or where the building is located in an area prone to flooding or other natural disasters. Caissons can be open or closed, depending on the soil conditions and the building's requirements.



کیسون ها سازه های بزرگ و ضد آب هستند که برای تحمل وزن ساختمان در زمین فرو می روند. آنها معمولاً در مناطقی استفاده می شوند که خاک آنقدر ضعیف است که وزن ساختمان را تحمل کند یا در جایی که ساختمان در منطقه ای مستعد سیل یا سایر بلایای طبیعی قرار دارد. بسته به شرایط خاک و نیاز ساختمان، کیسون ها می توانند باز یا بسته باشند.

Overall, deep foundations are an important part of building construction. They are designed to transfer the building's load to the deep part of the ground where the soil is strong enough to support it. Pile foundations, drilled shafts, and caissons are the three most common types of deep foundations used in construction.

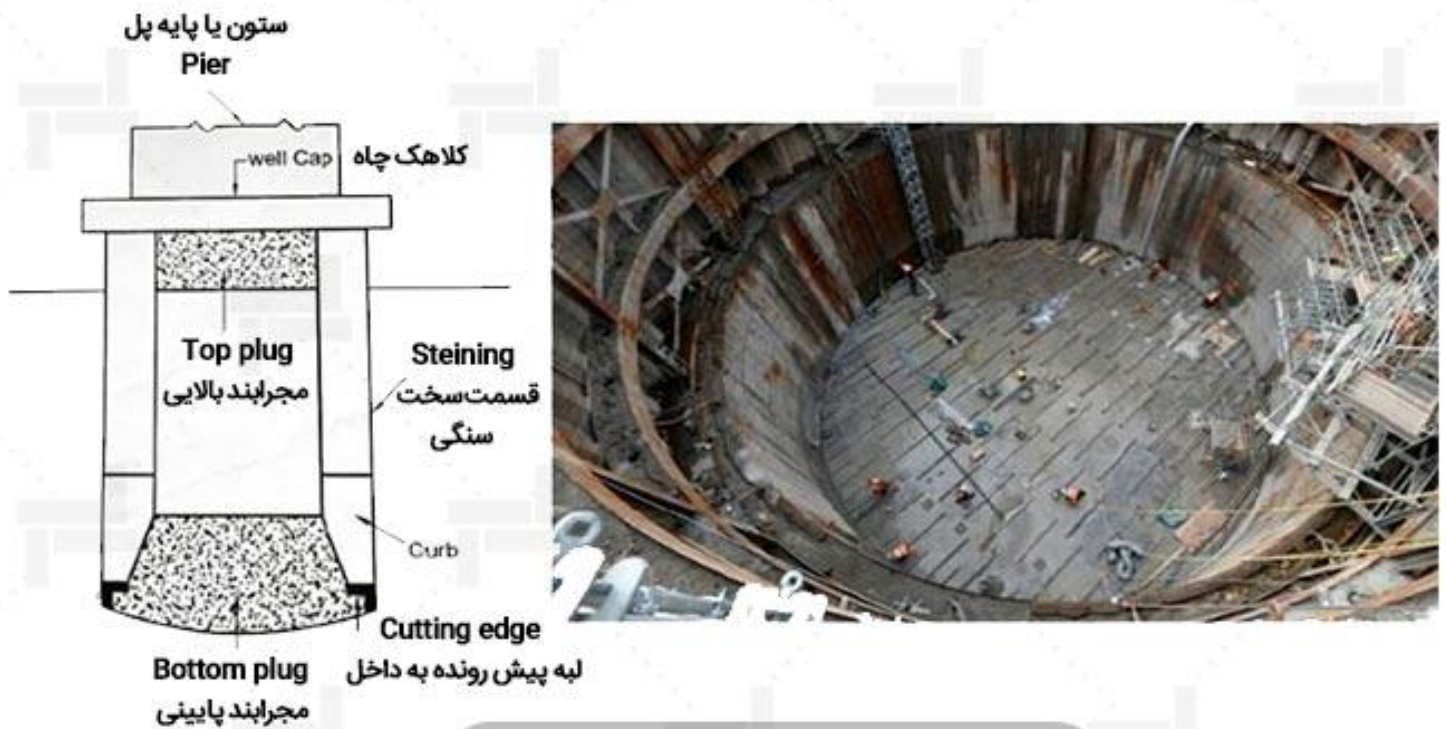
به طور کلی، پی های عمیق بخش مهمی از ساخت و ساز ساختمان هستند. آنها به گونه ای طراحی شده اند که بار ساختمان را به قسمت عمیق زمین که در آن خاک آنقدر قوی است که بتواند آن را تحمل کند، منتقل کنند. شالوده های شمع، محوره های حفاری شده و کیسون ها سه نوع از پایه های عمیق مورد استفاده در ساخت و ساز هستند.

پی های صندوقه ای به عنوان پی اسکله نامیده می شوند. پی

کیسون به نام یک ساختار حائل ضد آب به عنوان پایه پل در ساخت سد بتنی و یا برای تعمیر کشتی استفاده می شود. پی کیسون یک جعبه توخالی پیش ساخته می باشد که در اعماق مورد نظر در زمین فرو رفته و پس از آن با بتن پر شده که نتیجه آن شکل گیری پی صندوقه ای است. از این شالوده ها گاه برای حفاری عمق آب در رودخانه ها نیز استفاده می شود. پی های صندوقه ای اغلب در ساخت و ساز پل و سازه های دیگر که نیاز به پی در زیر رودخانه ها و دیگر گستره های آب دارند استفاده می شود. دلیل این است که محفظه کیسون را می توان به محل کار به صورت شناور برد و در محل قرار گیری فرو برد.

برای ساخت پی های کیسون سوراخی در عمق زمین ایجاد می شود، سپس این حجم سوراخ شده با بتن پر شده و از آرماتور برای داخل آن و بحث استحکام سازه پی استفاده می شود. پی های صندوقه ای بارهای ساختمان را به قسمت های پایینی خود انتقال می دهد.

کیسون های درب باز از سمت فوقانی خود باز هستند و در انتها نوک تیز هستند تا به سهولت به درون خاک نفوذ پیدا کنند. گاهی اوقات قبل از ورود شالوده به محل، لایروبی صورت می گیرد که این شیوه اقتصادی تر از حفاری از درون صندوقه (کیسون) است. با اتکای شالوده بر روی بستر، خاک درون آن حفاری و آب نیز پمپ می شود. این عملیات تا نفوذ صندوقه به عمق مطلوب ادامه می یابد.



مزایای پی های کیسون (صندوقه ای)

- مزیت های اقتصادی
- به حداقل رساندن نیاز به شمع
- کاهش ارتعاشات
- سازگاری با شرایط متنوع اجرا
- ظرفیت بارگذاری محوری و جانبی بالا
- ایجاد سطح صاف برای بتن شالوده توسط لوله
- افزایش اصطکاک جداری شالوده ناشی از جابجایی ایجاد شده توسط سطح دندانان ای پوسته
- باز و بسته شدن آسان ابزار نصب با قابلیت نقل و انتقال مناسب
- قطعات شالوده قابل اتصال نیستند لذا محدودیت طول با ارتفاع شمع کوب متناسب است.
- آسیب پذیری شمع ها در حین نصب به ویژه در زمین های خیلی سخت

معایب پی های صندوقه ای

- حساسیت به روش ساخت
- کمبود متخصصین برای ساخت و بازرسی فنی

انواع پی های کیسون یا صندوقه ای

۱. شناور (floating caissons)
۲. پنوماتیک (Pneumatic caissons)
۳. ورقه ای (Sheeted caissons)
۴. حفاری شده (Excavated caissons)
۵. جعبه ای (Box caissons)
۶. باز (open caissons)

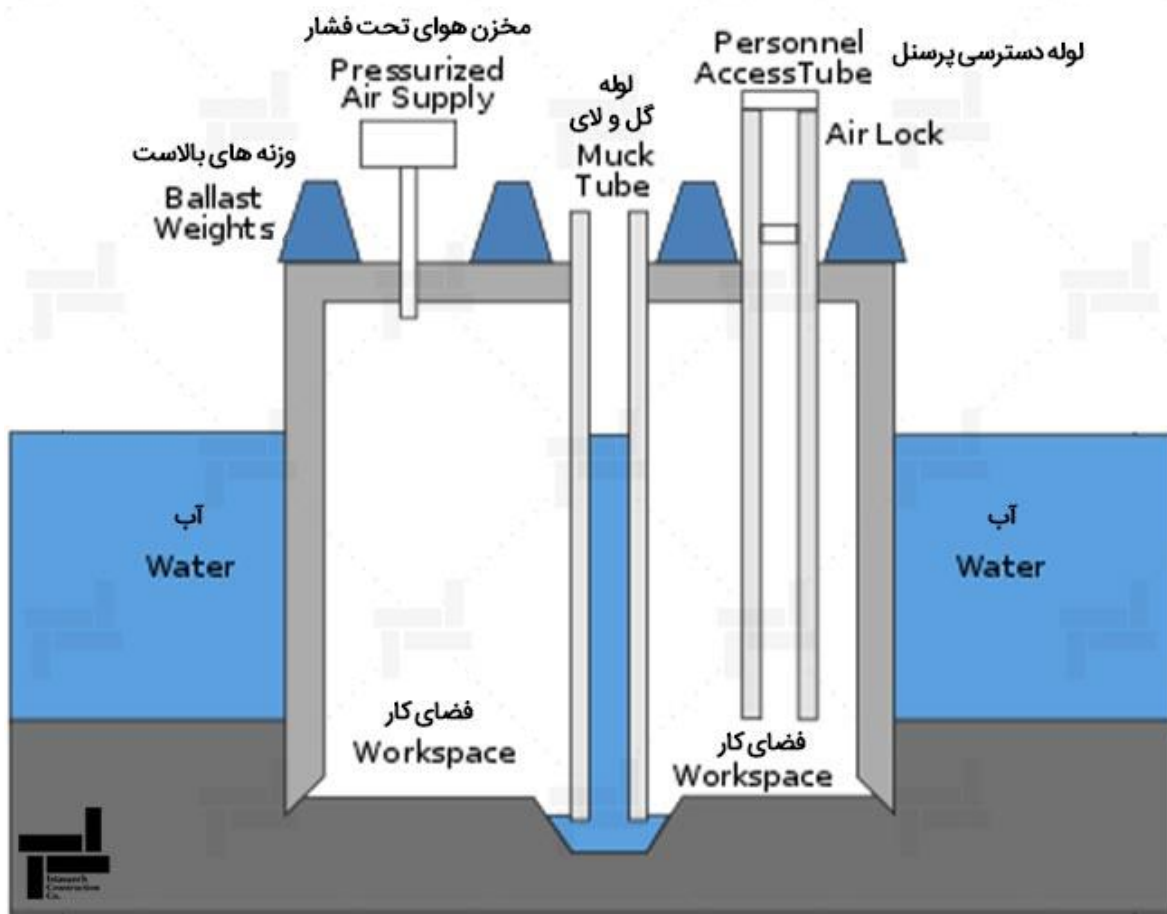
در ادامه به توضیح برخی از انواع پی های صندوقه ای پرداخته می شود.

کیسون جعبه ای: یک جعبه بتنی پیش ساخته که بر روی پایه های آماده تنظیم شده و پس از قرار گرفتن در محل، آن را با بتن پر می کنند تا بخشی از کارهای دائمی مانند پایه یک پل شود. ساختارهای بتنی توخالی معمولاً چگالی کمتری نسبت به آب دارند، بنابراین یک جعبه باید مهار شود تا از شناور ماندن آن جلوگیری شود تا زمانی که بتوان آن را با بتن پر کرد. گاهی اوقات ممکن است در برخی مناطق مانند مناطق جزر و مدی به سیستم های پیچیده مهار نیاز باشد.

کیسون باز: شبیه کیسون جعبه ای است با این تفاوت که سطح پایینی ندارد. برای استفاده در خاک رس های نرم (مثلاً در برخی از بستر رودخانه ها) یا مکان های با سطح آب زیرزمینی بالا مناسب است. کیسون باز در زمین های نرم بدون امکان حفاری ترانشه های باز، برای نصب منهول های عمیق، ایستگاه های پمپ، جک لوله و سایر عملیات استفاده می شود.

کیسون های پنوماتیک: در گل نرم نفوذ کرده و جعبه های بدون ته هستند که از بالا مهر و موم و با هوای فشرده پر شده اند تا آب و گل را در عمق نگه دارند. کیسون پنوماتیک (هوای فشرده) این مزیت را دارد که شرایط کار خشک را فراهم می کند لذا برای بتن ریزی بهتر است. همچنین برای پی هایی که روش های دیگر ممکن است باعث نشست سازه های مجاور شوند، مناسب خواهد بود.

کیسون های شناور: جعبه های پیش ساخته پر از بتن هستند که به آن اسکله شناور نیز می گویند.



The foundation system and the soil under the building prevent complex vertical movement of the building and when a load is applied to the soil, the soil often settles. This happens when parts of the building find themselves in different degrees of settlement, resulting in cracks, some of which may affect the structure of the building. Conversely, in some rare cases, the soil may swell, pushing the building up and causing similar problems. Therefore, the foundation system must support the building at the same time as the soil.

سیستم فونداسیون و خاک زیر ساختمان، باعث جلوگیری از حرکت پیچیده عمودی ساختمان می‌شود و هنگامی که یک بار بر خاک اعمال می‌شود، اغلب خاک نشست پیدا می‌کند. این اتفاق زمانی می‌افتد که بخش‌هایی از ساختمان خود را در درجه‌های مختلف از نشست ببینند که در نتیجه آن ترک، که برخی از آنها ممکن است ساختار ساختمان را تحت تاثیر قرار دهد. در مقابل، در برخی موارد نادر، خاک ممکن است دچار تورم، هل دادن ساختمان به سمت بالا شود و در نتیجه مشکلات مشابهی را به وجود آورد. بنابراین، سیستم فونداسیون باید همزمان با خاک کار حمایت از ساختمان را انجام دهد.

Outline of Caisson Quay and Breakwater Construction Technology

طرح کلی فناوری ساخت و ساز اسکله و موج شکن کیسون

Caisson quay and breakwater construction is generally carried out in the order of foundation work, main work, covering work and foot protection work, and superstructure work.

Recent advances in construction and ICT technologies have made it possible to construct buildings efficiently, accurately, and safely.

- **Foundation work**

Stone materials carried in by GATT vessels are offloaded at the construction site, and then divers flatten the uneven ocean bed.

Our technology: With the advent of underwater backhoes and giant tamper construction methods, it has become possible to mechanically move rubble, work that divers used to conduct manually.

- **Installation Work**

This process involves lifting the created caisson to the surface and, by using a crane ship, etc., placing the caisson on a rubble foundation.

Our technology: This process is benefitted by our construction support system, which automatically controls the installation posture of the caisson.

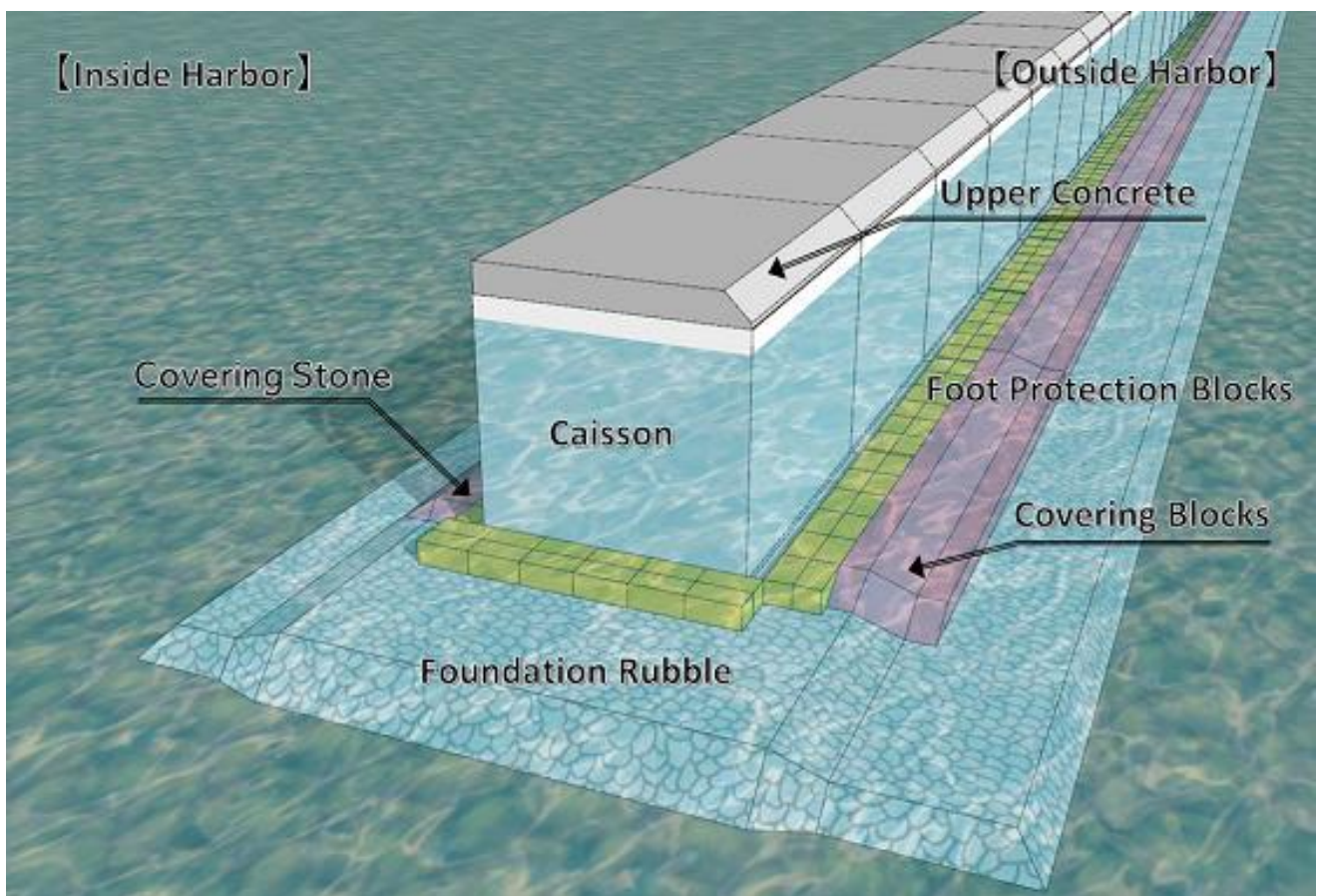
- **Covering and Foot Protection Work**

Covering and foot protection blocks are placed over the foundation rubble.

These work to prevent the foundation rubble, which forms the foundation of breakwaters, from being scraped off or washed away by the force of strong waves.

Our technology : The crane used to install the blocks can be equipped with an installation support system (block installation support system) to ensure efficient installation.

Superstructure Work



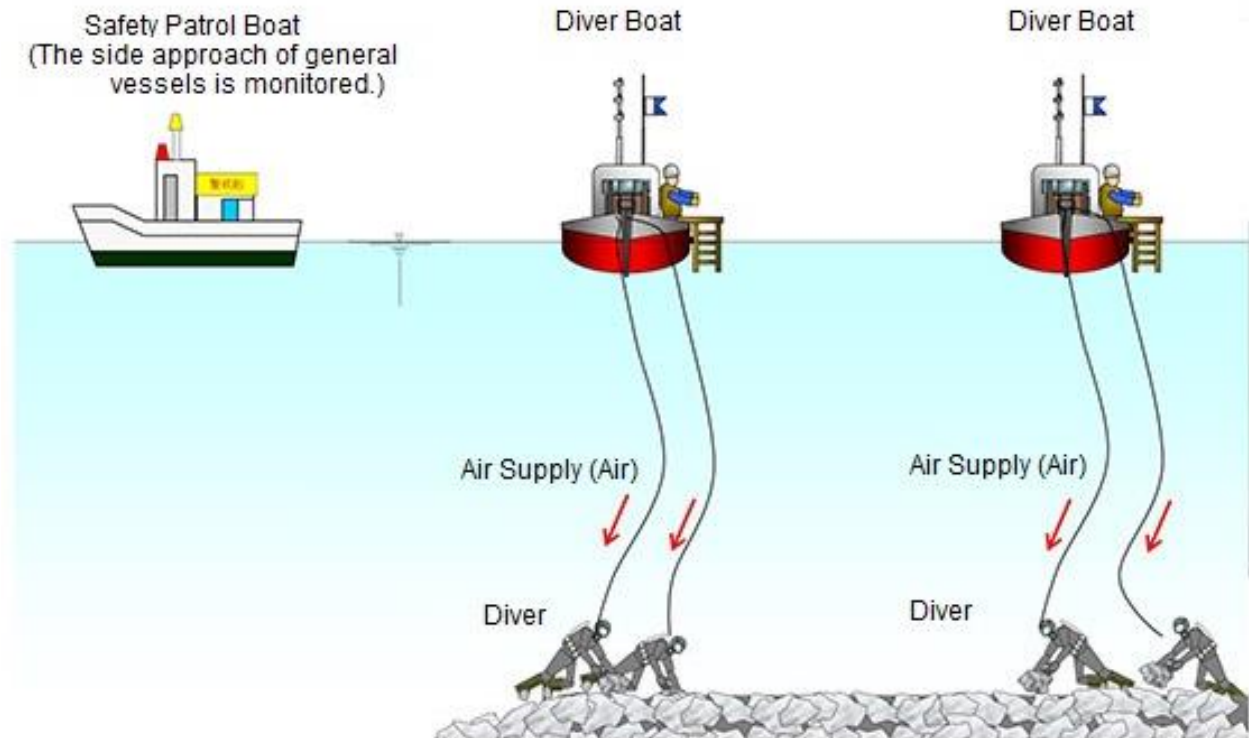
Construction Flow

1.Foundation Work (Investing and Leveling of Foundation Rubble)

Foundation work is conducted so the caisson can be installed at the construction location. Stone materials transported via a GATT vessel are offloaded at the installation site, after which divers flatten the uneven ocean bed.



Foundation rubble offloading



Divers conducting flattening work



Heavy objects are moved using a diver boat's winch



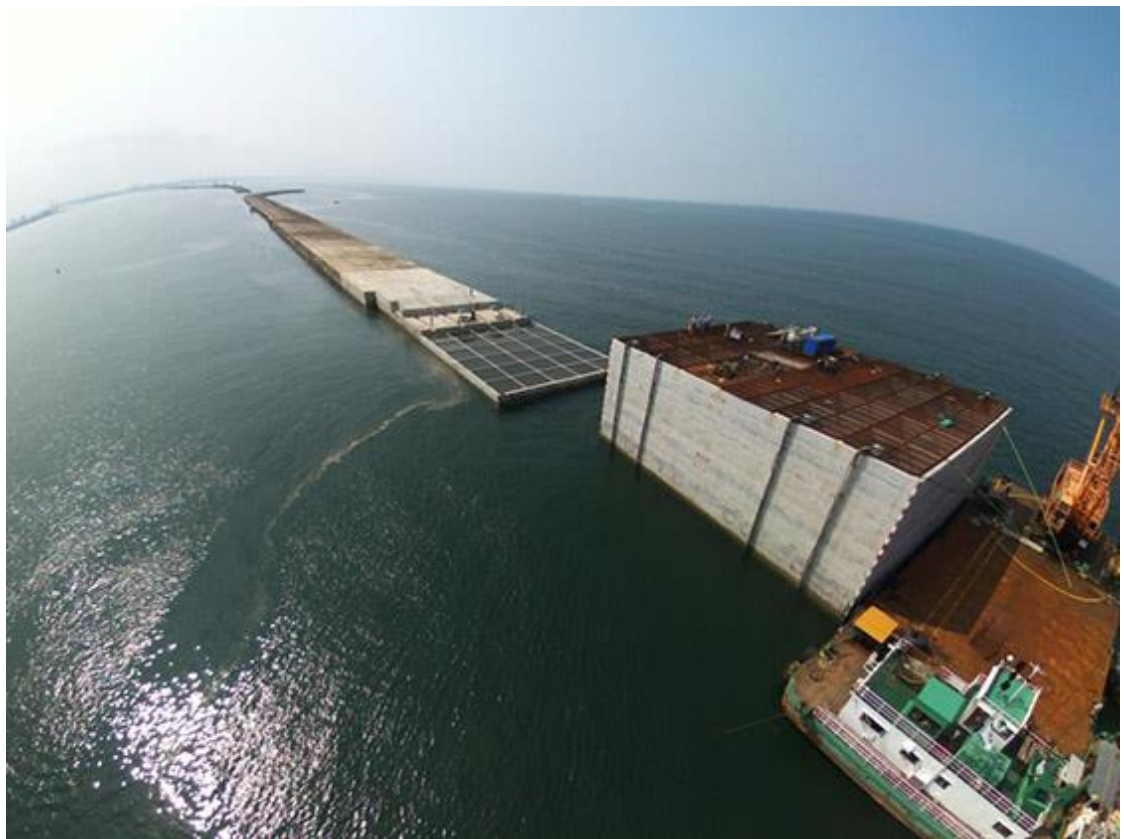
Flattening work using an underwater backhoe and big club

2. Main Work (Caisson Towing, Installation, Filling and Placing Lid Concrete)

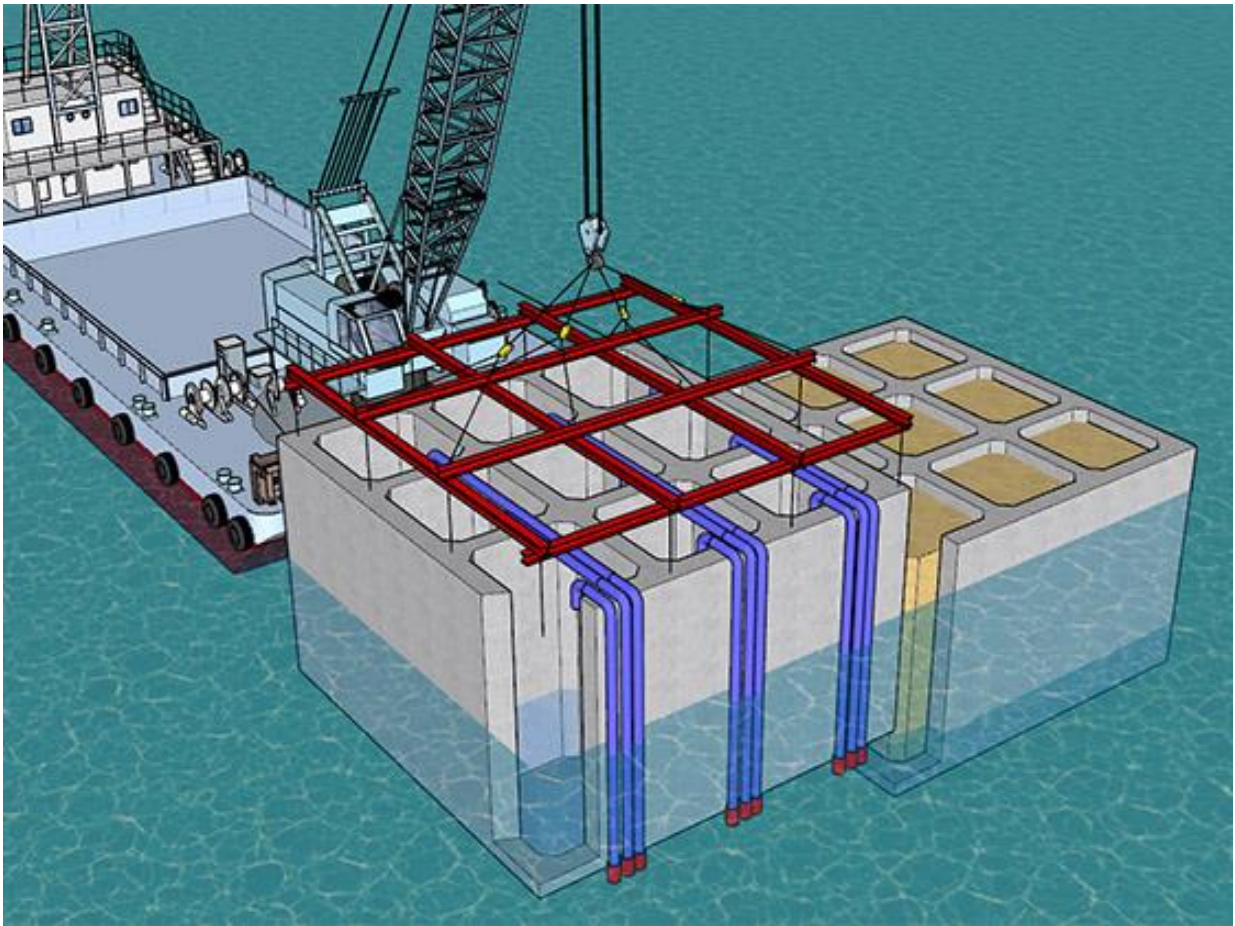
The caisson positioned in the harbor is floated and towed to the installation site, where it is sunk and installed.



Caisson towing



Caisson installation



Installation (flooded with water to sink)

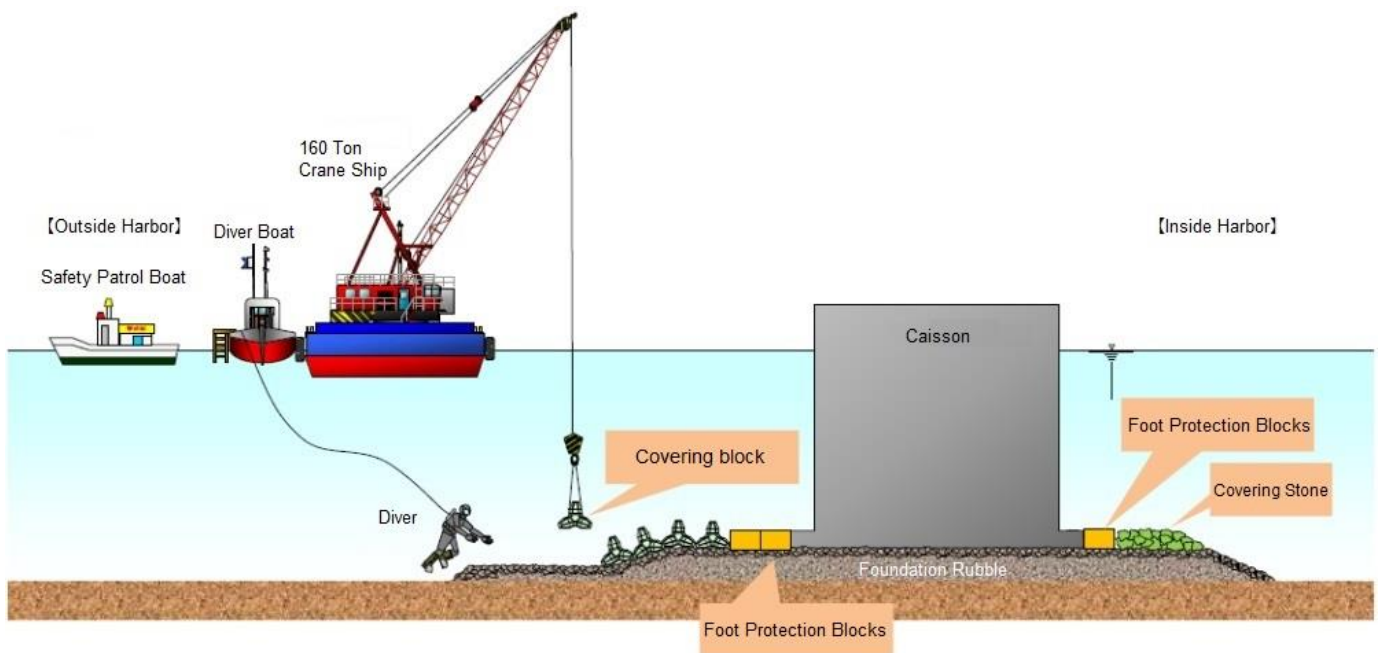


Filler material inserted



Laying lid concrete

3. Covering and Root Foot Protection Work (Installation of Foot Protection Blocks and Covering Blocks)





Foot protection blocks loaded on vessel



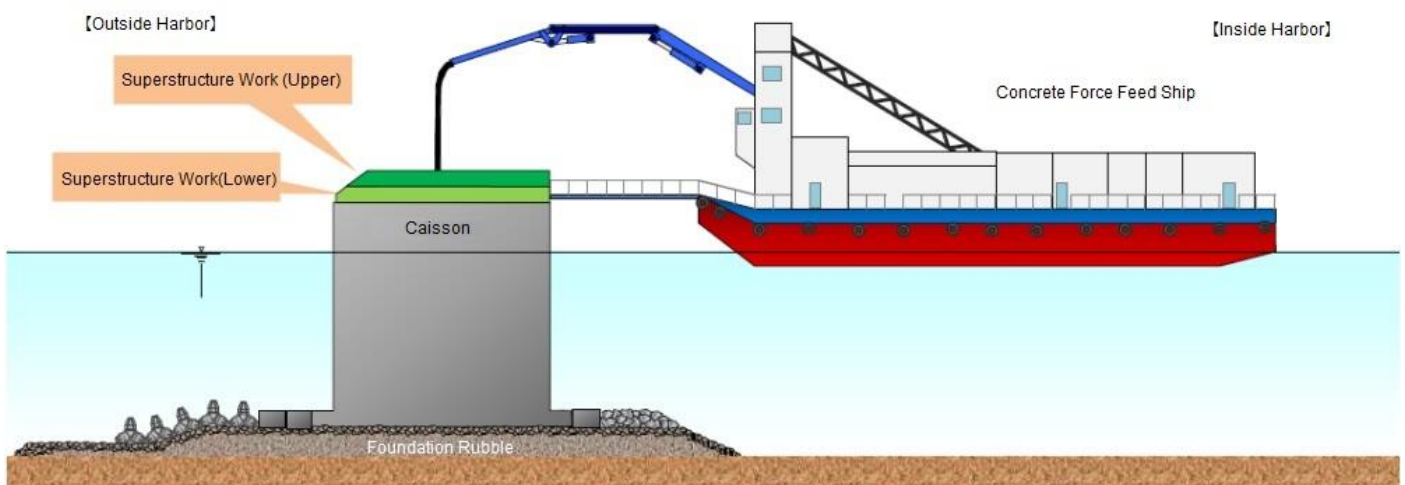
Foot protection block installation work



Installed foot protection block

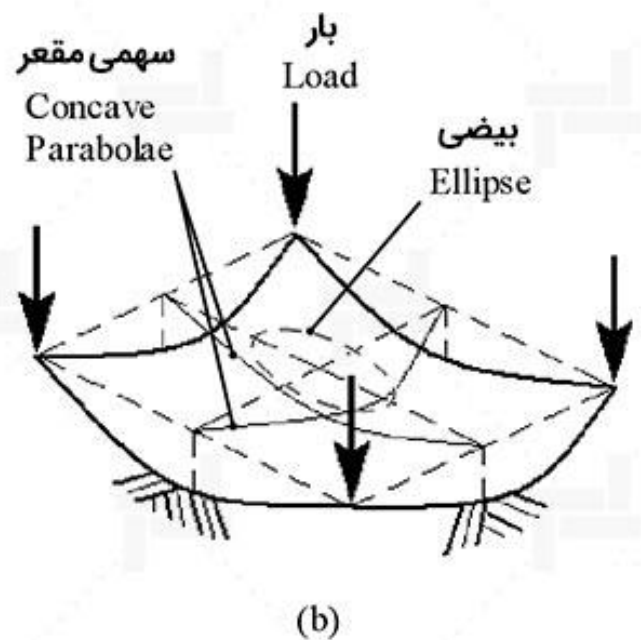
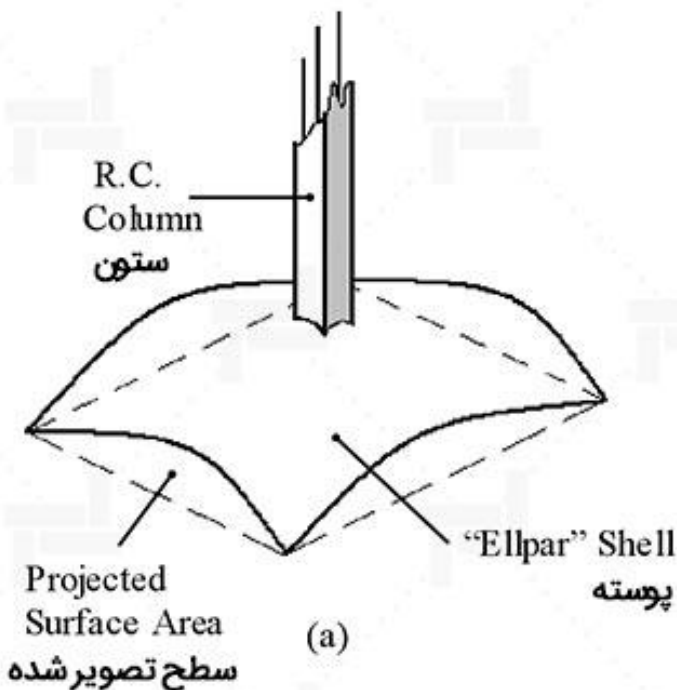
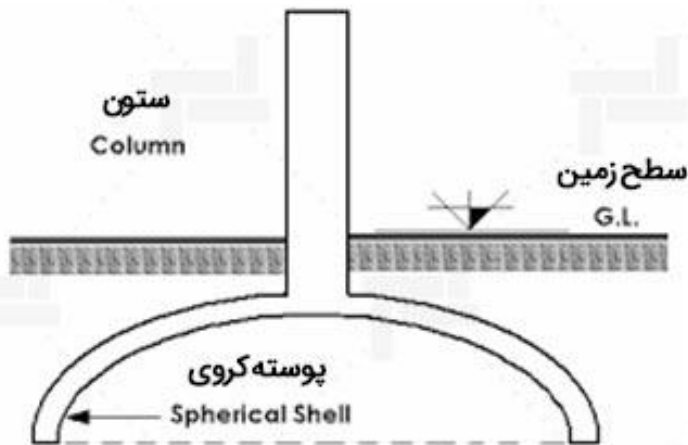
4. Superstructure Work (Form Assembly, Reinforcement Assembly, and Concrete Installation)

Formwork is assembled in the upper part of the installed caisson, and a mixer ship lays the concrete.



پی های پوسته ای

پی پوسته ای یک جایگزین اقتصادی برای پی های سطحی صفحه ای برای انتقال بارهای روسازه به لایه های سست پایینی است. این پی ها به خاطر شکل مورب و سطح تماس بیشتر با خاک، قابلیت تحمل بار بیشتر نسبت به پی تخت نظیر خود دارند. نتایج پژوهش ها بیانگر عملکرد مطلوب تر پی های سطحی نسبت به پی های مسطح است. ضمناً بزرگتر بودن سطوح گسیختگی در پی های پوسته ای روشن کننده افزایش ظرفیت باربری است. از ترکیب یک مخروط ناقص معکوس در قسمت خارجی و یک مخروط ناقص رو به بالا در قسمت داخلی می توان یک پی مرکب نوین به نام پی مرکب حلقه ای پوسته ای تولید نمود. این پی مرکب جدید دارای خواص همزمان صفحات تاشده، پی حلقه ای و پی پوسته ای است.



Specialized foundations are used in specific circumstances where the standard foundations are not sufficient. These types of foundations are designed to meet the requirements of the construction site and the building being constructed.

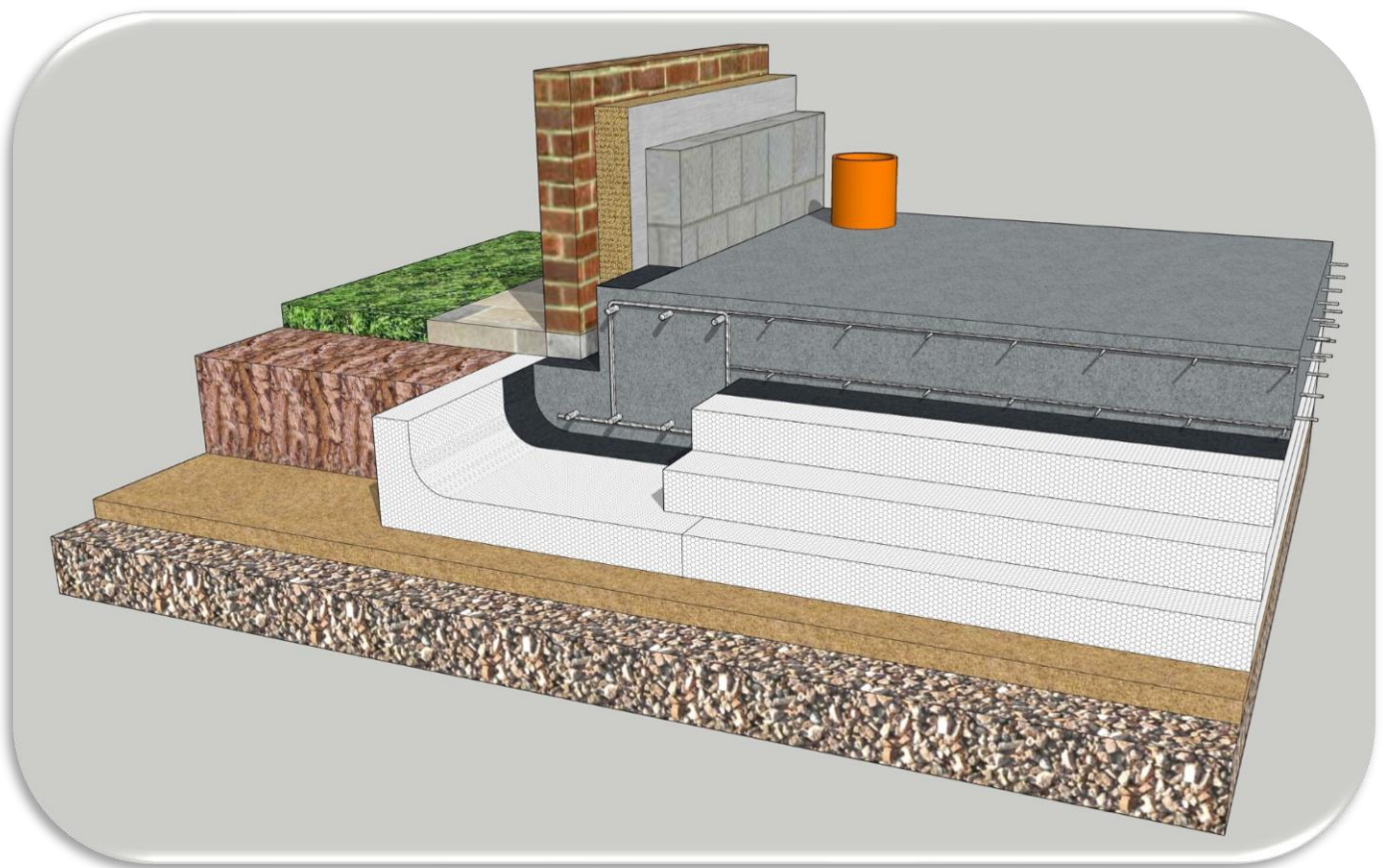
فونداسیون های تخصصی در شرایط خاصی که فونداسیون استاندارد کافی نیست استفاده می شود. این نوع پی ها به گونه ای طراحی می شوند که نیازهای محل ساخت و ساز و ساختمان در حال ساخت را برآورده کنند.

a) Raft Foundations

پی های رافت

Raft foundations, also known as mat foundations, are a type of foundation that is used when the soil is weak and cannot support the weight of the building. A raft foundation is a large, flat concrete slab that covers the entire area of the building. The slab is reinforced with steel bars and is supported by beams that are embedded in the soil. Raft foundations are commonly used in areas with poor soil conditions, such as areas with high water tables or soft soil.

پی های رافت که به آن پی های مت (گسترده) نیز می گویند، نوعی پی است که در مواقعی که خاک ضعیف است و نمی تواند وزن ساختمان را تحمل کند استفاده می شود. پی رافت یک دال بتنی بزرگ و مسطح است که کل محوطه ساختمان را می پوشاند. دال با میلگردهای فولادی تقویت شده و توسط تیرهایی که در خاک تعبیه شده است، حمایت می شود. پی های رافت معمولاً در مناطقی با شرایط خاک نامناسب مانند مناطقی با سطح آب زیاد یا خاک نرم استفاده می شود.





b) Pad Foundations



Pad foundations, also known as isolated footings, are used to support individual columns or piers. They are designed to transfer the load of the column or pier to the soil beneath it. Pad foundations are typically square or rectangular in shape and are constructed of reinforced concrete. They are commonly used in residential and small commercial buildings.

پی های پد، همچنین به عنوان پایه های ایزوله شناخته می شوند، برای حمایت از ستون ها یا پایه های جداگانه استفاده می شوند. آنها برای انتقال بار ستون یا پایه به خاک زیر آن طراحی شده اند. فونداسیون های پد معمولاً مربع یا مستطیل شکل هستند و از بتن مسلح ساخته می شوند. آنها معمولاً در ساختمان های مسکونی و تجاری کوچک استفاده می شوند.



Advantages

- This is a cost-effective option.
- You can easily design and build this foundation.
- They are suitable for light to medium-loaded structures built on strong and stable soils.

• این یک گزینه مقرون به صرفه است.
• شما می توانید به راحتی این فونداسیون را طراحی و بسازید.
• برای سازه های سبک تا متوسط ساخته شده بر روی خاک های مستحکم و پایدار مناسب هستند.

Disadvantages



- They are not suitable for heavy structures or those built on weak soils.
- They are susceptible to differential settlement issues.

• برای سازه های سنگین یا سازه هایی که روی خاک های ضعیف ساخته شده اند مناسب نیستند.
• حساس و مستعد ایجاد مسائل متفاوت هستند.



Strip foundations are used to support walls and other structural elements of a building. They are typically used in areas with good soil conditions and are constructed of reinforced concrete. Strip foundations are designed to distribute the load of the building over a wider area of soil. They are commonly used in larger commercial and industrial buildings.

پی های نواری برای حمایت از دیوارها و سایر عناصر سازه ای ساختمان استفاده می شود. آنها معمولاً در مناطقی با شرایط خاک خوب استفاده می شوند و از بتن مسلح ساخته می شوند. پی های نواری برای توزیع بار ساختمان در سطح وسیع تری از خاک طراحی شده اند. آنها معمولاً در ساختمان های تجاری و صنعتی بزرگتر استفاده می شوند.

Overall, specialized foundations are an essential part of building construction. They are designed to meet the specific requirements of the building and the construction site, ensuring that the building is safe and stable.

به طور کلی، فونداسیون های تخصصی بخش ضروری ساخت و ساز ساختمان هستند. آنها به گونه ای طراحی شده اند که نیازهای خاص ساختمان و محل ساخت و ساز را برآورده کنند و از ایمن و پایدار بودن ساختمان اطمینان حاصل کنند.

Advantages

- They are simple to construct and require less concrete than other types, making them cost-effective.
- They are suitable for stable ground conditions and buildings with relatively light loads.

• ساخت آنها ساده است و نسبت به انواع دیگر به بتن کمتری نیاز دارند و به همین دلیل مقرون به صرفه هستند.
 • برای شرایط زمین پایدار و ساختمان هایی با بارهای نسبتاً سبک مناسب هستند.

Disadvantages

- They aren't suitable for heavy structures or areas with poor soil conditions.
- Any differential settlement could lead to cracks in the walls supported by the strip foundation.

• برای سازه های سنگین یا مناطقی با شرایط خاک نامناسب مناسب نیستند.

• هر گونه نشست دیفرانسیل می تواند منجر به ایجاد ترک در دیوارهای حمایت شده توسط فونداسیون نواری شود.

Foundation Materials and Construction

مصالح و ساخت فونداسیون

When it comes to constructing a foundation, there are several materials that can be used depending on the soil type, climate, and load-bearing capacity required. The most common materials used in foundation construction include concrete, steel, timber, and masonry. Each material has its own advantages and disadvantages, and it is essential to consult with a structural engineer or foundation contractor to determine the best material for the job.

هنگامی که صحبت از ساخت فونداسیون می شود، بسته به نوع خاک، آب و هوا و ظرفیت باربری مورد نیاز می توان از مواد مختلفی استفاده کرد. متداول ترین مصالح مورد استفاده در ساخت فونداسیون شامل بتن، فولاد، الوار و بنایی می باشد. هر ماده مزایا و معایب خاص خود را دارد و مشورت با مهندس سازه یا پیمانکار فونداسیون برای تعیین بهترین متریکال برای کار ضروری است.

1. Concrete Foundations

Concrete is a popular material for foundation construction due to its durability and strength. It can be poured into any shape and size, making it a versatile option for different types of foundations. Additionally, concrete is resistant to fire, pests, and moisture, making it ideal for areas with extreme weather conditions. However, concrete can be expensive, and its carbon footprint is relatively high.

بتن به دلیل دوام و استحکام یک ماده محبوب برای ساخت فونداسیون است. می توان آن را به هر شکل و اندازه ای ریخت و آن را به گزینه ای همه کاره برای انواع مختلف فونداسیون تبدیل می کند. علاوه بر این، بتن در برابر آتش، آفات و رطوبت مقاوم است و آن را برای مناطقی با شرایط آب و هوایی شدید ایده آل می کند. با این حال، بتن می تواند گران باشد و ردپای کربن آن نسبتاً زیاد است.

2. Steel Foundations

Steel foundations are an excellent option for buildings that require a high level of stability and durability. They are ideal for structures that need to withstand high winds, earthquakes, and other natural disasters. Steel foundations are also easy to install, and they are resistant to pests and moisture. However, steel foundations can be expensive, and they require regular maintenance to prevent rust and corrosion.

فونداسیون های فولادی برای ساختمان هایی که نیاز به پایداری و دوام بالایی دارند گزینه بسیار خوبی است. آنها برای سازه هایی که نیاز به مقاومت در برابر بادهای شدید، زلزله و سایر بلاهای طبیعی دارند ایده آل هستند. پایه های فولادی نیز به راحتی نصب می شوند و در برابر آفات و رطوبت مقاوم هستند. با این حال، پایه های فولادی می توانند گران باشند و برای جلوگیری از زنگ زدگی و خوردگی نیاز به نگهداری منظم دارند.



3. Timber Foundations

فونداسیون های چوبی



Timber foundations are a popular choice for residential buildings and small structures. They are easy to install and cost-effective, making them an excellent option for those on a tight budget. Additionally, timber is a renewable resource and has a lower carbon footprint than other materials. However, **timber foundations** are not as durable as other materials and require regular maintenance to prevent rot and decay.

پی های چوبی یک انتخاب محبوب برای ساختمان های مسکونی و سازه های کوچک است. نصب آنها آسان و مقرون به صرفه است، و آنها را به گزینه ای عالی برای کسانی که بودجه کمی دارند تبدیل می کند. علاوه بر این، الوار یک منبع تجدیدپذیر است و رد پای کربن کمتری نسبت به سایر مواد دارد. با این حال، پایه های چوبی مانند سایر مواد بادوام نیستند و برای جلوگیری از پوسیدگی و پوسیدگی نیاز به نگهداری منظم دارند.

Foundation Design Considerations

ملاحظات طراحی فونداسیون

1. Soil Analysis and Bearing Capacity

تجزیه و تحلیل خاک و ظرفیت باربری

Before designing a foundation, it is crucial to analyze the soil type and its bearing capacity. Soil analysis helps in determining the type of foundation that is suitable for the structure. The bearing capacity of the soil is the maximum load that the soil can support per unit area without undergoing excessive settlement or shear failure. The foundation design must ensure that the load of the structure is distributed evenly on the soil. The depth of the foundation depends on the soil type and its bearing capacity.

قبل از طراحی فونداسیون، تجزیه و تحلیل نوع خاک و ظرفیت باربری آن بسیار مهم است. تجزیه و تحلیل خاک به تعیین نوع فونداسیون مناسب برای سازه کمک می کند. ظرفیت باربری خاک حداکثر باری است که خاک می تواند در واحد سطح تحمل کند، بدون اینکه دچار نشست یا شکست برشی بیش از حد شود. طراحی پی باید اطمینان حاصل کند که بار سازه به طور یکنواخت بر روی خاک توزیع می شود. عمق پی به نوع خاک و ظرفیت باربری آن بستگی دارد.

2. Load Distribution

توزیع بار

The load distribution is an essential factor to consider in foundation design. The foundation must be designed to distribute the load of the structure evenly on the soil. The design must ensure that the load of the structure is not concentrated on a particular area of the foundation. The foundation design must also consider the dynamic loads that the structure may experience, such as wind loads, seismic loads, and vibration loads.

توزیع بار یک فاکتور اساسی است که در طراحی فونداسیون باید در نظر گرفته شود. فونداسیون باید طوری طراحی شود که بار سازه را به طور یکنواخت بر روی خاک توزیع کند. طراحی باید اطمینان حاصل کند که بار سازه روی ناحیه خاصی از فونداسیون متمرکز نمی شود. در طراحی پی باید بارهای دینامیکی که سازه ممکن است متحمل شود، مانند بارهای باد، بارهای لرزه ای و بارهای ارتعاشی نیز در نظر بگیرد.

3. Environmental Factors

عوامل محیطی

Environmental factors such as temperature, moisture, and chemical exposure can affect the foundation's stability and durability. The foundation design must consider the environmental factors that the structure may be exposed to. For example, if the structure is in an area with high moisture content, the foundation must be designed to resist the effects of moisture. If the structure is in an area with high chemical exposure, the foundation must be designed to resist the effects of chemicals.

عوامل محیطی مانند دما، رطوبت و قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی می توانند بر پایداری و دوام فونداسیون تأثیر بگذارند. در طراحی فونداسیون باید عوامل محیطی که سازه ممکن است در معرض آنها قرار گیرد در نظر بگیرد. به عنوان مثال، اگر سازه در منطقه ای با رطوبت بالا باشد، فونداسیون باید طوری طراحی شود که در برابر اثرات رطوبت مقاومت کند. اگر سازه در منطقه ای با قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی بالا باشد، فونداسیون باید طوری طراحی شود که در برابر اثرات مواد شیمیایی مقاوم باشد.

The type of foundation used in construction depends on several factors, including the soil type, bearing capacity, load distribution, and environmental factors. The most common types of foundations used in construction are shallow foundations, deep foundations, and floating foundations. Shallow foundations are suitable for structures with light loads, while deep foundations are suitable for structures with heavy loads. Floating foundations are suitable for structures in areas with a high water table.

نوع پی مورد استفاده در ساخت و ساز به عوامل مختلفی از جمله نوع خاک، ظرفیت باربری، توزیع بار و عوامل محیطی بستگی دارد. رایج ترین انواع پی های مورد استفاده در ساخت و ساز، پی های کم عمق، پی های عمیق و پی های شناور هستند. پی های کم عمق برای سازه هایی با بارهای سبک مناسب هستند، در حالی که پی های عمیق برای سازه هایی با بارهای سنگین مناسب هستند. فونداسیون های شناور برای سازه هایی در مناطقی با سطح ایستاب بالا مناسب است.

In conclusion, the design of the foundation is crucial to the stability and durability of the structure. The foundation design must consider the soil type, bearing capacity, load distribution, and environmental factors. The type of foundation used in construction depends on several factors, including the load of the structure, soil type, bearing capacity, and environmental factors.

در نتیجه، طراحی فونداسیون برای پایداری و دوام سازه بسیار مهم است. در طراحی پی باید نوع خاک، ظرفیت باربری، توزیع بار و عوامل محیطی در نظر گرفته شود. نوع پی مورد استفاده در ساخت و ساز به عوامل متعددی از جمله بار سازه، نوع خاک، ظرفیت باربری و عوامل محیطی بستگی دارد.

Case Studies and Applications

مطالعات موردی و کاربردها

Commercial foundations

پی های تجاری

For commercial buildings, the type of foundation used depends on the size and weight of the building. The most common types of foundations used for commercial buildings are the raft foundation and the pile foundation.

برای ساختمان های تجاری، نوع فونداسیون مورد استفاده به اندازه و وزن ساختمان بستگی دارد. متداول ترین انواع پی های مورد استفاده برای ساختمان های تجاری، پی رافت و پی شمع هستند.

A raft foundation is a large concrete slab that covers the entire area of the building. The slab is reinforced with steel bars to strengthen it and is designed to distribute the weight of the building evenly across the ground. This type of foundation is suitable for buildings with heavy loads.

پی رافت یک دال بتنی بزرگ است که کل محوطه ساختمان را می پوشاند. این دال برای تقویت آن با میله های فولادی تقویت شده و به گونه ای طراحی شده است که وزن ساختمان را به طور مساوی در سطح زمین توزیع کند. این نوع فونداسیون برای ساختمان هایی با بارهای سنگین مناسب است.

A pile foundation is used when the soil is weak and cannot support the weight of the building. Piles are driven into the ground and connected to a concrete foundation. This type of foundation is suitable for tall buildings and structures built on soft soil.

فونداسیون شمع زمانی استفاده می شود که خاک ضعیف باشد و نتواند وزن ساختمان را تحمل کند. شمع ها به داخل زمین رانده شده و به یک پایه بتنی متصل می شوند. این نوع فونداسیون برای ساختمان ها و سازه های بلند ساخته شده بر روی خاک نرم مناسب است.

For infrastructure projects such as bridges, tunnels, and highways, the type of foundation used depends on the location and soil conditions. The most common types of foundations used for infrastructure projects are the pile foundation and the drilled shaft foundation.

برای پروژه‌های زیربنایی مانند پل‌ها، تونل‌ها و بزرگراه‌ها، نوع پی مورد استفاده به موقعیت و شرایط خاک بستگی دارد. متداول‌ترین نوع پی‌هایی که برای پروژه‌های زیربنایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، فونداسیون شمع و فونداسیون شفت حفاری هستند.

A pile foundation is used when the soil is too weak to support the weight of the structure. Piles are driven into the ground and connected to a concrete foundation. This type of foundation is suitable for bridges and highways.

فونداسیون شمع زمانی استفاده می‌شود که خاک آنقدر ضعیف باشد که بتواند وزن سازه را تحمل کند. شمع‌ها به داخل زمین رانده شده و به یک پایه بتنی متصل می‌شوند. این نوع فونداسیون برای پل‌ها و بزرگراه‌ها مناسب است.

A drilled shaft foundation is used when the soil is too hard to drive piles into. A hole is drilled into the ground and filled with concrete and steel reinforcement. This type of foundation is suitable for tunnels and underground structures.

فونداسیون شفت حفاری شده زمانی استفاده می‌شود که خاک آنقدر سخت باشد که بتوان شمع‌ها را داخل آن فرو برد. یک سوراخ در زمین ایجاد می‌شود و با بتن و آرماتور فولادی پر می‌شود. این نوع فونداسیون برای تونل‌ها و سازه‌های زیرزمینی مناسب است.



پایان فصل ۳