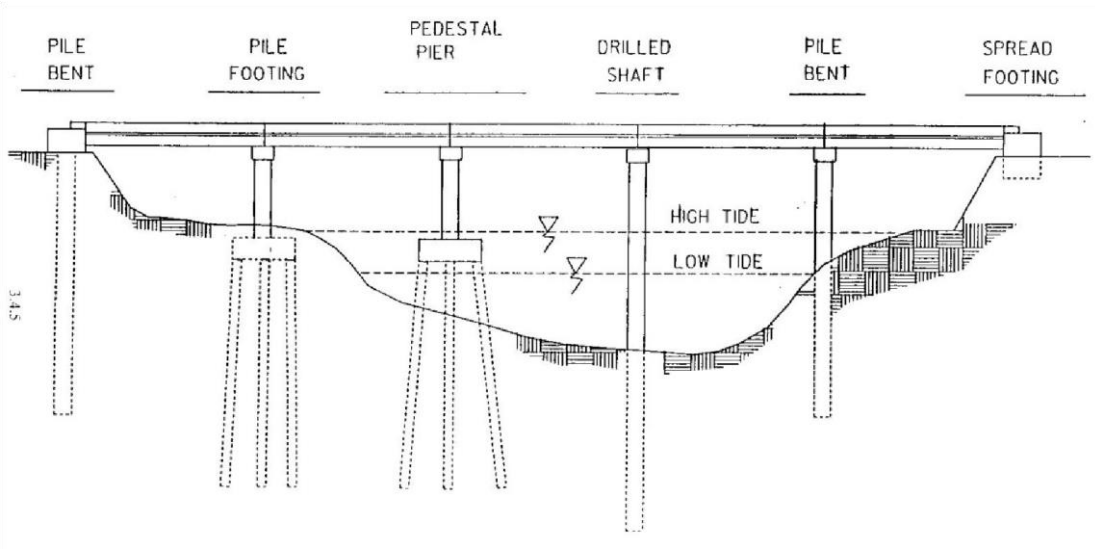
فصل 1

فونداسیون ها و انواع آنها

(ملاحظات و مخاطرات اجرایی)



1-1 مقدمه

مهندسي ژئوتكنيك زيرمجموعه اي از مهندسي عمران در زمينه مسائل مرتبط با بكارگيري و بررسي رفتار خاك و مصالح خاكي مي باشد. مهندسي ژئوتكنيك متشكل از دو بخش كلي مكانيك خاك و مهندسي پي است. در واقع مهندسي پي شامل بكار گيري اصول مكانيك خاك در طراحي شالودة ساختمان ها و ابنيه در تماس با خاك مي باشد.

كليه سازه هايي كه بر روي زمين بنا مي شوند از جمله ساختمان ها، پل ها، خاكريز ها از دو بخش تشكيل مي شوند:

1- **سازة فوقاني**[1]: بخش نمايان سازه

2- **سازة زيرين**[2]: بخش مدفون سازه

بخش سازة زيرين به عنوان حائل بين سازة فوقاني و زمين تكيه گاه عمل مي كند. يعني بار سازة فوقاني را به زمين منتقل مي نمايد. مبحث مهندسي پي بررسي تاثير متقابل سازة زيرين و زمين تكيه گاه مي شود.

2-1 تعريف فونداسيون و اهميت آن

طبق تعريف، پي يا فونداسيون عبارت است از سازة زيرين و بخشي از خاك مجاور آن كه تحت تاثير سازه و بارهاي وارد بر آن مي باشد. مبحث 7 مقررات ملي ساختمان، فونداسيون را به صورت زير تعريف نموده است:

مجموعه بخش هايي از سازه و خاك در تماس با آن كه انتقال بار بين سازه و زمين از طريق آن صورت مي گيرد فونداسيون ناميده مي شود. در واقع وظيفة فونداسيون انتقال بارهاي بخش هاي فوقاني به خاك زير آن مي باشد به نحوي كه تنش هاي بيش از حد و نيز نشست هاي اضافي ايجاد نگردد.

3- 1 مهندسي پي

مهندسي پي شامل تحليل و طراحي فونداسيون (شالودة ساختمانهاي متعارف) يا سازه هاي در تماس با خاك (ابنية حائل) با بكارگيري اصول مكانيك خاك و مكانيك سازه توام با قضاوت مهندسي مي باشد. مهندسي پي مباحثي همچون محاسبه ظرفيت باربري ، طراحي انواع مختلف فونداسيون مانند فونداسيون هاي منفرد، نواري، گسترده، عميق (شمع) را شامل مي گردد كه در رابطه با هر كدام از آنها در بخش هاي آتي توضيحاتي ارائه خواهد شد.

علاوه بر طراحي فونداسيون هاي متعارف (فونداسيون ساختمان ها)، طراحي سازه هاي حائل نيز جزء مبحث مهندسي پي مي باشد.

مهندس پي به كسي گفته مي شود كه به وسيلة آموزش و تجربة كافي در اصول علمي و قضاوت مهندسي مهارت يافته است تا پي را طراحي نمايد. مي توان گفت كه قضاوت مهندسي بخش خلاق كار طراحي پي مي باشد. در واقع قضاوت

[1] Superstructure
[2] Substructure

مهندسي در طرح پي همان گردآوري و به هم آميختن تجارب ، مطالعة كارهاي ديگران در شرايط نسبتاً مشابه و جمع آوري اطلاعات ژئوتكنيكي مخصوص ناحية تحت بررسي براي ايجاد طراحي اقتصادي، علمي، ايمن سازي براي سازة زيرين مي باشد.

حداقل مراحل لازم براي طراحي يك فونداسيون عبارتند از:

1- **گردآوري اطلاعات سازه اي شامل موقعيت اجزاء باربر و ميزان بارگذاري.** معمولاً تخمين تقريبي از بار (يا بارهاي) شالوده توسط كارفرما تامين مي شود.
2- **بررسي وضعيت فيزيكي محل و برنامه ريزي براي شناسايي هاي محلي.** قبل از هر گونه اقدامي براي طراحي پي، مي بايست اطلاعات كافي از شرايط فيزيكي و ژئوتكنيكي محل جمع آوري گردد. اطلاعات اين مرحله با انجام آزمايشهاي صحرائي و آزمايشگاهي كامل مي گردد.
3- **تعيين پارامترهاي طراحي خاك بر مبناي آميزه اي از داده هاي آزمايشات، اصول علمي و قضاوت مهندسي.** در اين مرحله مي توان از تحليل هاي ساده يا پيچيدة كامپيوتري استفاده كرد.
4- **انتخاب سيستم پي و طراحي آن با استفاده از پارامترهاي طراحي بدست آمده از مرحلة قبل.** پي طرح شده مي بايست از طرفي اقتصادي و از طرف ديگر ايمن و پايدار باشد و كلية ضوابط فني در آن لحاظ گرديده باشد.

مهندس پي مي بايست در كلية مراحل فوق تجربه داشته و در آنها مشاركت نمايد. در عمل اغلب چنين حالتي وجود دارد. معمولاً يك شركت ژئوتكنيكي متخصص عمليات شناسايي و آزمايشات خاك مسئول انجام مراحل 1 تا 3 مي گردد. سپس نتايج حاصله و خروجي مرحله 3 به كارفرما، كه غالباً يك مهندس پي متخصص در طراحي اجزاء سازة زيرين است، تحويل مي گردد. نقص عمدة در اين روش دقيق و قطعي انگاشتن پارامترهاي خاك است كه معمولاً از طريق آزمايشهاي خاك با كيفيت متغير بدست آمده و شديدا آميخته به قضاوت مهندسي مي باشد. از اينرو مهندس پي و مشاور ژئوتكنيك مي بايست به صورتي بسيار نزديك با يكديگر كار نمايند و بخصوص مهندس پي مي بايست از واقعيت تقريبي بودن روش هاي تعيين پارامترهاي خاك بخوبي آگاه باشد.

4- 1 انواع فونداسيون ها

پي ها بر اساس عمق و نوع عملكرد طبقه بندي مي شوند. در حالت كلي چنانچه لايه مقاوم در عمق كمي از سطح زمين قرار گرفته باشد، پي در نزديكي سطح زمين بنا مي گردد. در غير اينصورت براي رسيدن به لايه ي مقاوم عمق پي افزايش مي يابد.

به طور كلي مي توان پي ها را به چهار دسته تقسيم نمود:

1 - پي هاي كم عمق موسوم به پي هاي سطحي[1]

به پي هايي اطلاق مي گردد كه نسبت عمق به عرض آنها مساوي يا كمتر از واحد است، در عين حال در بعضي مراجع پي هاي با نسبت عمق تا 4 الي 5 هم بعنوان پي كم عمق طبقه بندي مي شوند.

2- پي هاي نيمه عميق[2] (پي هاي چاهي)

[1] Shallow Foundations
[2] Pier Foundations

3- پي هاي عميق[1]

اين پي ها عمدتا شامل پي هاي شمعي مي باشد. در مبحث 7 مقررات ملي ساختمان ، معيار ديگري براي پي عميق عنوان شده است و آن عبارت است از اينكه هرگاه نسبت عرض به ارتفاع پي كمتر از يك ششم باشد و عمق آن از سه متر تجاوز نمايد به آن پي عميق مي گويند.

4- پي هاي ويژه

شامل هرگونه پي كه جزء دسته بندي فوق نباشد از قبيل پي هاي صندوقه اي ، مهارها ، ستونهاي شني و سنگي و غيره.

1-4- 1 انواع فونداسيون هاي سطحي

پي هاي سطحي از متداول ترين فونداسيون ها به خصوص براي پروژه هاي ساختماني و ديوارها بوده و اغلب عمق استقرار آن ها كمتر از عرضشان است. اين پي ها پس از گودبرداري و پي كني و برداشتن خاك هاي نباتي، ضمن عبور از عمق يخبندان و لايه هاي نامناسب سطحي و در پاره اي موارد با حفاري بيشتر جهت احداث طبقاتي در زيرزمين، اجراي مي شوند و به لحاظ آناليز و طراحي سازه اي شامل پي هاي منفرد، نواري (با بارگذاري ممتد و خطي) و تيرهاي متكي (با بارگذاري متمركز و منقطع) بر زمين مي باشند.

دسته بندي هاي متفاوتي از فونداسيون هاي سطحي در مراجع مختلف يافت مي شود. باولز[2] انواع كلي فونداسيون هاي سطحي را به صورت زير دسته بندي مي نمايد:

- پي هاي منفرد: پي هايي كه بار يك ستون تكي يا يك ديوار را حمل مي نمايند.
- پي هاي مركب: پي هايي كه بار دو تا چهار ستون را حمل مي نمايند.
- پي هاي گسترده: نوعي شالوده است كه بار چندين ستون با فواصل نامنظم يا چندين رديف ستون موازي را حمل مي نمايد و در زير بخشي از ساختمان و يا كل آن قرار مي گيرد.

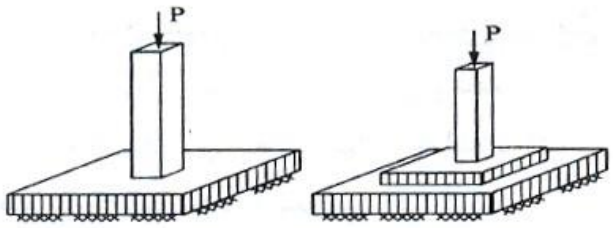
فونداسيون هاي سطحي به صورت مشروح تري نيز دسته بندي شده اند (مبحث 7 مقررات ملي ساختمان):

(الف) فونداسيون منفرد: فونداسيون منفرد بار يك ستون را تحمل نموده و از ساده ترين، معمول ترين و عمدتاً كم هزينه ترين نوع فونداسيون ها مي باشد. در پلان به شكل مربع، مستطيل و يا دايره بوده كه انتخاب شكل تا حدودي به مقطع ستون و همچنين نوع بارهاي وارده اعم از محوري، لنگر در يك و يا دو جهت بستگي دارد. از نقطه نظر ضخامت، پروفيل پي هاي منفرد و يا تك ممكن است به صورت ثابت، پله اي و يا شيب دار باشند. اين پي ها از مصالح بنايي، بتني وزني و يا بتن مسلح ساخته مي شوند. در صورت مسلح نمودن فونداسيون هاي منفرد غالباً در آن ها از يك سفرة آرماتور مستقر در قسمت زيرين پي استفاده مي شود. يك نمونه فونداسيون منفرد در شكل 1-1 نشان داده شده است.

---

[1] Deep Foundations

[2] Bowels



شكل 1-1 فونداسيون منفرد

- **چه موقعي مي توان از شالودة منفرد استفاده كرد؟**

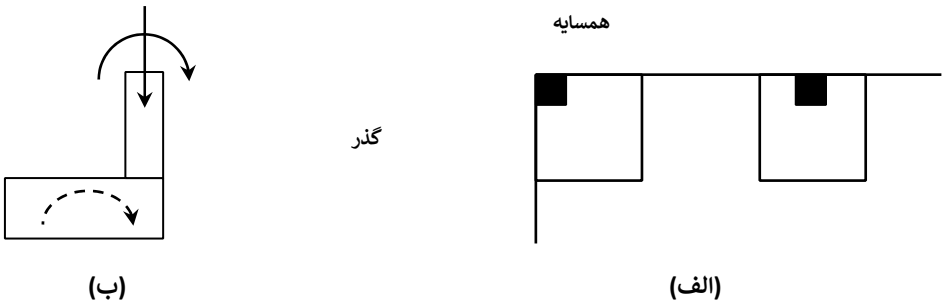
(الف) زماني كه حجم بار وارد بر شالوده در قياس با مقاومت مجاز خاك آنقدر زياد نباشد كه منجر به ابعاد بزرگ و غير متعارف شالوده شود.

$$A = \frac{P}{q_{all}}$$

(ب) زماني كه ستون روي شالوده خروج از مركزيت ايجاد نكرده باشد. به عبارتي ستون در مركز شالوده يا حدوداً در مركز شالوده قرار گرفته باشد.

با توجه به بند فوق مي توان نتيجه گرفت كه در سازه هاي بتني كه پاي ستون گيردار است نمي توان از اين نوع فونداسيون ها استفاده نمود زيرا لنگر پاي ستون باعث ايجاد خروج از مركزيت مي شواد در حالي كه اين فونداسيون قادر به انتقال لنگر نيست. علاوه بر اين در صورت وجود برون محوري، فشار در يك طرف فونداسيون بزرگتر از طرف ديگر مي شود كه اين اختلاف فشار باعث نشست نامساوي دو طرف و در نتيجه كج شدن[1] فونداسيون مي شود. البته در بعضي موارد فونداسيون هاي منفرد را براي خروج از مركزيت نيز طراحي و اجرا مي كنند ليكن اين كار توصيه نمي شود. در بعضي كتب استفاده از فونداسيون منفرد تحت بار برون محور فقط در خاك هاي متراكم و يا بستر سنگي مجاز دانسته شده است به شرطي كه شالوده هم براي بار محوري ستون و هم براي لنگر گيرداري طراحي شده باشد. البته دراين حالت نيز عدم قطعيت زيادي در رابطه با تخمين واقعي لنگر ها و خروج از مركزيت ها وجود دارد.

از بحث فوق مي توان نتيجه گيري نمود كه مطابق شكل 1-2 هنگامي كه فونداسيون منفرد در مجاورت حريم گذر يا ملك شخص ديگري قرار دارد استفاده از اين فونداسيون ممكن نيست.



شكل 1-2 فونداسيون منفرد قرار گرفته در مجاورت حريم يا گذر

[1] tilting

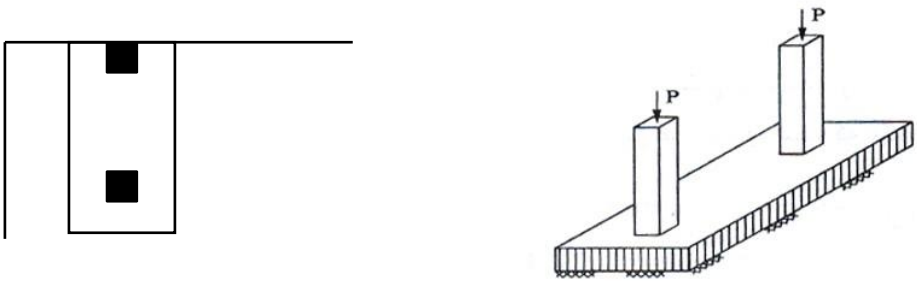
هرچند مطابق آنچه بيان شد، فونداسيون هاي منفرد داراي خروج از مركزيت در عمل كاربرد چنداني ندارند، در فصول بعدي روابط نظري محاسبه ظرفيت باربري و نشست فونداسيون هاي منفرد قرار گرفته تحت بارهاي مايل و برون محور مورد بررسي قرار خواهند گرفت.

كلاف[1] (شناژ)

وقتي كه در يك ساختمان از فونداسيون هاي منفرد استفاده مي شود، آن ها را بايد توسط كلاف هايي به يكديگر متصل نمود.
كلاف ها به هيچ وجه براي جلوگيري از نشست هاي نامساوي نيستند و وظيفه آن ها بستن شالوده هاي منفرد به يكديگر و جلوگيري از بازي كردن آن ها مخصوصاً در مقابل تكان هاي ناشي از زلزله مي باشد.

شناژ يا كلاف: عنصري است غير سازه اي يا سازه اي درجه 2 كه هيچ نقشي در تحمل بارهاي وارده و انتقال آن ها به زمين نداشته و نمي تواند نشست هاي نامتجانس (نشست نسبي) را كنترل كند. تنها وظيفه شناژ به هم كلاف كردن شالوده و جلوگيري از حركت افقي آن ها نسبت به يكديگر است.

(ب) فونداسيون دو ستوني: اگر دو ستون بهم نزديك باشند (به نحوي كه فاصلة شالوده هاي منفرد آنها كمتر از نصف فاصلة دو ستون گردد)، اقتصادي و مناسب است كه از شالودة دو ستوني استفاده شود (شكل 1-3). كاربرد اصلي اين نوع شالوده در مواردیست كه نمي توان يك ستون را به طور مركزي بر روي شالودة منفرد قرار داد مانند ستونهاي كناري (در نوار مرزي ساختمانهاي محدود). شالودة دو ستوني مي تواند به صورت مستطيلي، ذوزنقه اي، باسكولي،**T** شكل، حفره اي و تيري طرح شود. اين شالوده ها به نحوي طراحي مي شوند كه مركز هندسي آنها بر نقطه اثر برآيند بارهاي وارده منطبق گردد.

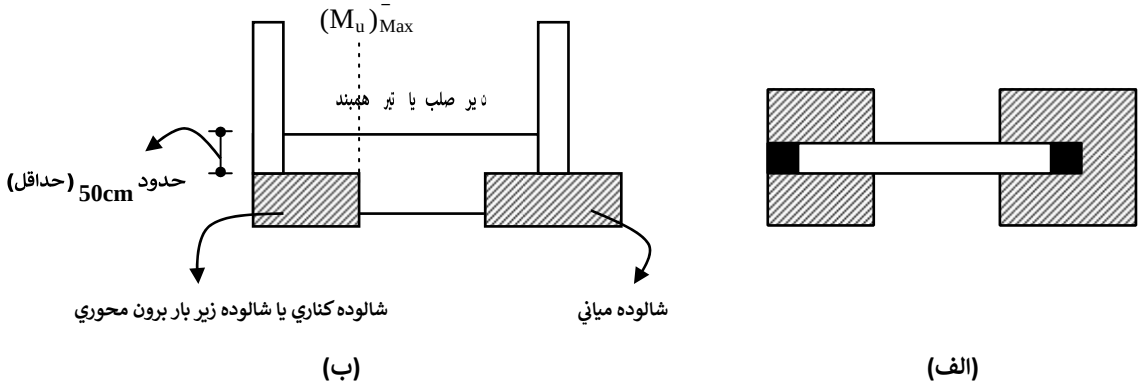


(ب) **(الف)**

شكل 1-3 فونداسيون دو ستوني (الف) نماي سه بعدي (ب) فونداسيون قرار گرفته در مجاورت حريم

در فونداسون هاي باسكولي براي مقابله با خروج از مركزيت ستون كناري، آن را توسط يك تير قوي (تير صلب يا تير همبند) به داخل شالوده داخلي مجاور متصل مي نمايند (شكل 1-4). اينكار ممكن است براي جلوگيري از نشست نامساوي ستونها مورد توجه قرار گيرد.

[1] Tie



شكل 1-4 فونداسيون باسكولي (الف) پلان (ب) عناصر تشكيل دهنده فونداسيون باسكولي

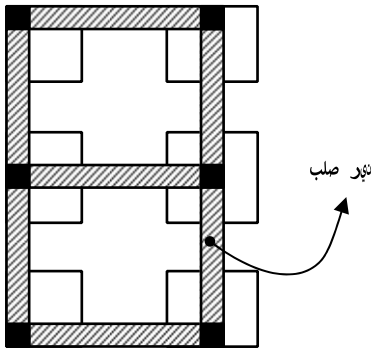
• نكات مربوط به شالوده باسكولي:

1. تير صلب بايستي بالاتر از سطح زمين قرار گرفته باشد (حداقل 5 تا 10 سانتي متر) تا در انتقال بار به زمين مشاركت نداشته باشد. تنها وظيفه اين تير به هم بستن شالوده ها به منظور جلوگيري از واژگون شدن شالوده كناري است.
2. ارتفاع تير صلب بايستي به گونه اي اختيار شده باشد كه ممان اينرسي آن حداقل به اندازه ممان اينرسي شالوده زير بار برون محور باشد به همين علت ارتفاع تير صلب از ارتفاع شالوده بيشتر است.

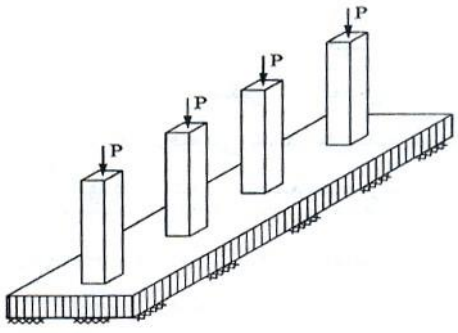
ممان اينرسي تير صلب ≥ ممان اينرسي شالوده كناري

توجه: در اجرا مشاهده مي شود به غلط به جاي شالوده باسكولي از شالوده اي كه ارتفاع شناژ آن برابر ارتفاع شالوده و ميلگرد بيشتر در بالا است استفاده مي كنند.

نكته: استفاده از شالوده هاي تك و باسكولي در مناطقي مثل تهران كه ساختمان ها به صورت متراكم در كنار هم ساخته مي شوند و شالوده ها خروج از مركزيت دارند به كل مردود و ممنوع است. زيرا با توجه به شكل (1-5) روبرو براي رفع مشكل شالوده هاي تك بايد تير صلب به صورت روبرو اجرا شود اما ملاحظه مي شود كه پي باسكولي شامل بيش از 2 ستون خواهد شد حال آنكه كليه روابط شالوده باسكولي بر مبناي دو ستون محاسبه شده است.



شكل 1-5

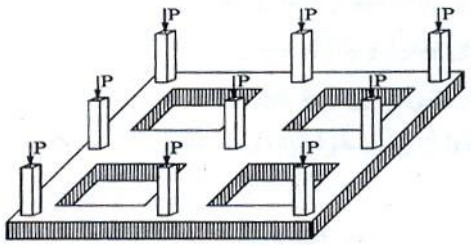


شكل 1-6 فونداسيون نواري

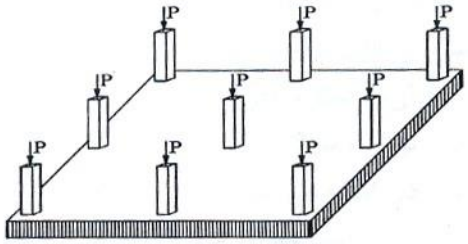
(پ) فونداسيون نواري: با اتصال فونداسيون هاي ستون هاي يك رديف و يا براي فونداسيون زير يك ديوار باربر فونداسيون نواري ايجاد مي گردد كه نسبت طول به عرض آن بسيار زياد است شكل (1-6). اين فونداسيون ها ممكن است با مصالح بنايي، بتن وزني و يا بتن مسلح اجرا شوند. در صورت مسلح نمودن اين فونداسيون ها، آرماتورهاي اصلي در راستاي

طول قرار گرفته و آرماتورهاي عرضي معمولاً نقش فرعي و مقابله با تغيير شكل هاي مربوط به نشست و يا حرارتي را دارند. براي افزايش سختي آن ها در مقابله با نشست غير يكنواخت مي توان آن ها را در مقطع عرضي به صورت **T** شكل و يا **T** معكوس اجرا كرد.

(ت) فونداسيون شبكه اي: به لحاظ اقتصادي (كاهش هزينة قالب بندي) گاهي مقرون به صرفه است كه شالوده هاي يك رديف در هم ادغام و شالوده به صورت نواري اجرا گردد. چنانچه اين نوارها در هر دو امتداد عمود برهم قرار گيرند شالودة شبكه اي بوجود مي آيد (شكل 1-7). عملكرد اين شالوده ها مركب بوده و متفاوت از عملكرد شالوده هاي منفردي است كه توسط كلاف به يكديگر متصل مي شوند. كلافها كلاً نقشي در جلوگيري از نشست شالوده هاي منفرد ندارند (قادر به حمل برش و خمش نمي باشند) و تنها صلبيت جانبي سازه را افزايش مي دهند.



شكل 1-7 فونداسيون شبكه اي



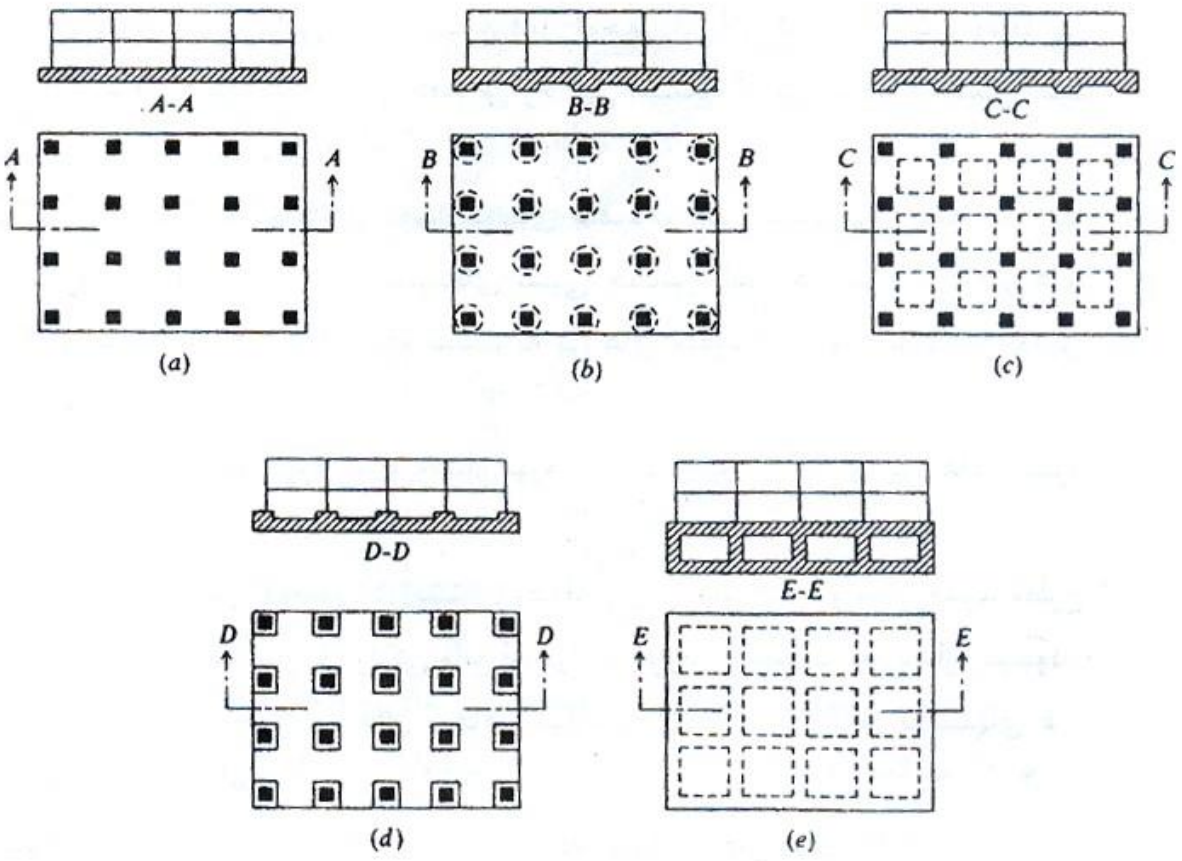
شكل 1-8 فونداسيون گسترده

(ث) شالوده هاي گسترده: در صورت اجراي پروژه هاي بزرگتر و سنگين تر بر روي زمين هاي با مقاومت كمتر و يا در صورت تفاوت قابل ملاحظه بار ديوارها و ستون هاي مجاور، جهت ايجاد عكس العمل يكنواخت و به حداقل رساندن نشست هاي غير يكنواخت، مقابله با عوارض موضعي و نقاط ضعف موضعي و نقاط ضعف موردي در خاك بستر، در صورتي كه استفاده از فونداسيون هاي منفرد و يا نواري ميسر نباشد و يا بخش عمدة زمين زير بنا توسط فونداسيون هاي منفرد، نواري و يا شبكه اي اشغال شود، تمام محدودة زيربنا به ساخت فونداسيون اختصاص داده مي شود و تمامي بارهاي ديوارها و ستون ها توسط يك سيستم يكپارچه دالي تحمل مي شود (شكل 1-8). به اين سيستم، فونداسيون گسترده و يا به اصطلاح فرانسوي، راديه جنرال گفته مي شود و معمولاً دو سفره آرماتور در پايين و بالاي فونداسيون در دو جهت طولي و عرضي در آن به كار گرفته مي شود. فونداسيون گسترده نيز به اشكال مختلف در پلان و مقطع اجرا شده كه چند سيستم سازه اي آن را در شكل 1-9 ديده مي شود.

پي هاي گسترده دال هاي بتني يكپارچه اي هستند كه در پاره اي موارد با تلفيق تيرهاي سخت كننده، دال هاي كف و سقف و ديوارهاي پيراموني يا مياني زيرزميني، بار ستون ها و يا ديوارهاي مختلف را حمل مي كنند. كاربردهاي فونداسيون هاي گسترده در يك يا چند مورد زير ممكن است مورد ملاحظه قررا گيرد:

1. بارهاي روسازه نسبتاً بزرگ بوده و شرايط خاك بستر ضعيف است به قسمي كه مساحت فونداسيون هاي سطحي به اندازه كافي بزرگ و سطح قابل توجهي از پلان (بيش از 50%) توسط فونداسيون هاي منفرد اشغال شود كه در اين خصوص راه حل استفاده از فونداسيون گسترده ممكن است اقتصادي تر و ايمن تر باشد.
2. خاك بستر متغيير و استفاده از فونداسيون هاي منفرد موجب نشست غير يكنواخت زياد شده و يا روسازه نسبت به وقوع نشست هاي نسبت حساس باشد. در اين مورد فاكتورهاي پيوستگي، سختي نسبي فونداسيون گسترده نسبت به فونداسيون هاي منفرد تا حدود زيادي در تعديل نشست ها موثر است.

3. زمين زير بنا مستعد تورم بوده و فشار تورم موجب جابجايي جدي فونداسيون هاي منفرد مي شود.
4. احتمال وقوع عوارض موضعي در بستر از جمله ريزش چاه، قنات و ايجاد حفره، مطرح بوده كه فونداسيون گسترده با نقش پل زدگي مانع از سرايت عوارض نامطلوب به سازه مي شود.
5. ضعيف استحكام و سختي پي هاي منفرد و شناژهاي رابط كه نمي تواند نشست هاي غير يكنواخت را تعديل نمايد.
6. احتمال تخمين نادرست بارهاي روسازه كه وقوع بارهاي غير عادي ايجاد غير يكنواختي در توزيع تنش و نشست را ممكن است به دنبال داشته باشد.
7. بارهاي جانبي به طور يكدست در روسازه توزيع نشده و ممكن است جابجايي هاي افقي بيش از حد مجاز به فونداسيون هاي منفرد را به همراه داشته كه فونداسيون گسترده با يكپارچگي مانع چنين وضعيتي خواهد شد.
8. كف زير سازه پايين تر از تراز آب زيرزميني واقع شده و آب بندي كف مهم مي باشد. بكارگيري فونداسيون گسترده موجب جلوگيري از نفوذ آب به زير زمين شده و علاوه بر اين تا حدودي با زير فشار مقابله مي شود.
9. جهت افزايش باربري و تقليل نشست، راه حل پي شناور (گودبرداري و پي سازي جاي آن) مطرح شده كه در اين راستا تلفيق فونداسيون گسترده با ديوارها و سقف زيرزمين مي تواند راه حل مطلوبي باشد.



شكل 1-9 انواع مختلف فونداسيون هاي گسترده (a) سيستم دال تخت (b) سيستم قارچي (در بالا يا پايين) (c) سيستم دال ديوار (دال كف، دال سقف و ديوارهاي مياني و جانبي (d) سيستم جعبه اي

1 -2-4 فونداسيون هاي نيمه عميق

از آنجايي كه در پاره اي موارد اجراي فونداسيون هاي سطحي مشكلات عدم تامين توان باربري، نشست هاي اضافي (به خاطر نسبتاً سست بودن لايه هاي سطحي و تمركز توزيع تنش حاصل از بارگذاري در اعماق سطحي) و عدم تامين پايداري كافي در اثر بارهاي جانبي و يا لنگرها را بدنبال دارند بايد راه حل هاي ديگري را انتخاب نمود. از آنجا كه استفاده از پي هاي عميق معمولاً به عنوان انتخاب نهايي در مهندسي پي قلمداد شده و علي رغم قابليت هاي كافي به لحاظ تامين باربري و پايداري، كنترل نشست، معمولاً اجراي پي هاي عميق مقرون به صرفه نبوده و معضلات و صعوبت اجرايي خاص خود را به همراه دارد.
در نتيجه از راه حل هاي ميانه پي سازي مي توان استفاده از پي هاي نيمه عميق را نام برد كه در ذيل دو مورد از آن توضيح داده مي شود:

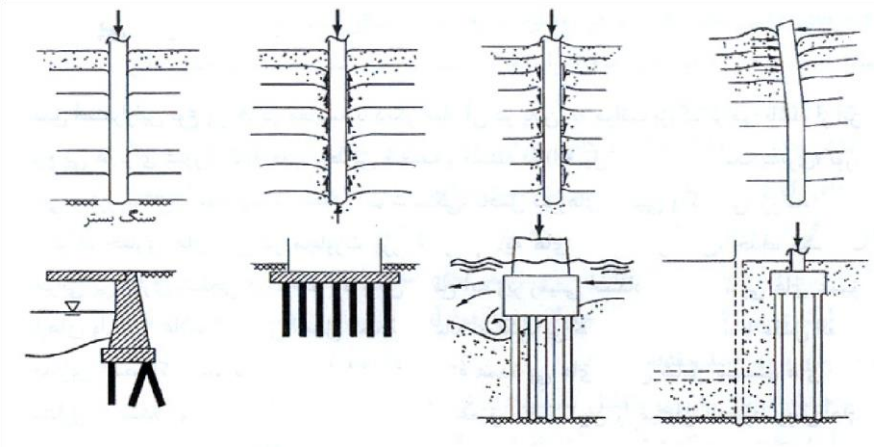
پي هاي چاهي: كه اگر عمق استقرار پي آنها (D_f) بيش از 4 و كمتر از 10 برابر عرض آن ها است كه جهت اجرا مي توان از امكانات موجود استفاده نموده و با حفر چاه و رسيده به لاية متراكم و قطور نمودن قسمت انتهايي چاه ضمن برآورده نمودن شرايط باربري مناسب، از لايه هاي نشست پذير عبور نمود. به علاوه براي سازه اي كه تحت نيروهاي بركنش و يا كشش واقع مي شوند، پي هاي نيمه عميق چاهي گزينه مطلوبي بوده و در مقابله با كشش مي توان از نيروهاي مقاوم وزن پي، مقاومت برشي خاك اطراف و نيز از مقاومت سقف پي استفاده نمود.

همچنين براي پي هاي گسترده در روي زمين به صورت سطحي اگر معضلات توان باربري و نشست مطرح باشد مي توان عمق استقرار پي گسترده را در اعماق پايين تر اختيار نمود تا بخشي از تنش هاي وارد از روسازه با وزن خاك برداشته شده حاصل از حفاري جبران نمود. اين امر به بهبود توان باربري حاصل مي انجامد. به اين دسته از پي هاي نيمه عميق اصطلاحاً پي هاي شناور اطلاق مي گردد.

1 -3-4 فونداسيون هاي عميق

عمق استقرار اين نوع فونداسيون ها در مقايسه با ديگر ابعاد آن در پلان، به مراتب بزرگتر مي باشد. از اين نوع فونداسيون ها براي عبور از لايه هاي سطحي ضعيف و مسئله دار (از قبيل معضلات نشست پذيري، توري زايي و فروريزشي)، مصونيت در مقابل آب شستگي، تحمل نيروهاي جانبي و كششي بزرگ، مقابله با اثرات حفاري هاي آتي در مجاورت پروژه، تراكم لايه هاي ضعيف در عمق، حذف مشكلات اجرايي پي سازي سطحي در شرايط بالا بودن سطح آب زيرزميني استفاده مي شود. پي هاي عميق بارهاي وارده را علاوه بر عكس العمل كف كه مشابه عملكرد پي هاي سطح است، با عكس العمل جداري (اصطكاكي) نيز تحمل مي نمايند. دو دسته عمده پي هاي عميق شامل سيستم هاي لاغر متداول يا شمع و سيستم قطورتر و يا پايه هاي عميق يا كيسون را مي توان نام برد. روش هاي مختلفي براي اجراي پي هاي عميق مطرح است. شمع هاي كوبيدني از نوع چوبي، بتني و يا فولادي كه از طريق انواع چكش ها، جك ها و ويبراتورهاي كوبنده، به زمين رانده مي شوند. شمع ها و پايه هاي درجا توسط حفاري چاه و يا گمانه و سپس ريختن مصالح بنايي، بتني وزني و يا مسلح و يا استقرار مقاطع پيش ساخته در مجاري حفاري شده اجرا مي گردند. شمع هاي كوبيدني-درجا نيز شامل مواردي مي شوند كه ابتدا يك پوسته و يا غلاف به زمين رانده شده و سپس داخل آن با بتن پر مي شود. پوسته و

يا غلاف پس از بتن ريزي در محل باقي مانده و يا بيرون كشيده مي شود. شكل 1-10 چند نمونه از پي هاي عميق را نشان مي دهد.



شكل 1-10 نمونه هايي از كاربردهاي فونداسيون هاي عميق

1 -4-4 فونداسيون هاي ويژه

دال سطحي به عنوان پي گسترده جهت تامين پاره اي ضروريات اجرايي، فني، اقتصادي و سرويس دهي ممكن است به طور خاصي در عمل مورد استفاده قرار گيرد كه چند نمونه آن در شكل 1-11 نشان داده شده است.

- **پي هاي شناور**[1]: پي هاي شناور در مواردي كاربرد دارند كه با وجود لايه هاي نشست پذير و يا ضعيف تا عمق قابل توجهي وجود داشته و استفاده از شمع هم امكان پذير نباشد. در آن صورت مي توان پي گسترده سازه را در عمق پايين تر مستقر و با برداشت خاك حاصل از گودبرداري با بار ثقلي حاصله از روسازه مقابله و يا حتي فشار روسازه با ميزان خاك حاصل از حفاري معادل نمود. از نظر تئوري در چنين وضعيتي خاك در عمق كف پي به پايين تحت تاثير بارگذاري جديد و اضافه فشار نبوده بنابراين نشست قابل توجهي اتفاق نمي افتد و نشست حاصله عمدتاً در اثر برگشت تورم حاصل از خاكبرداري پس از احداث بنا مي باشد. معمولاً يك متر مكعب خاك را مي توان به لحاظ وزني معادل دو طبقه ساختمان مسكوني معمولي در هر متر مربع به حساب آورد. البته بايد توجه داشت كه در صورت بالا بودن سطح آب زيرزميني، شناوري پي ممكن است مشكل جدي بوده و معظلات اجرايي گودبرداري در آب نيز مطرح باشد.
- **پي هاي باكسي يا جعبه اي**[2]: در مواردي كه سازه سنگين تر و از اهميت ويژه اي برخوردار باشد، سيستم فونداسيون بايد از صلبيت خمشي ويژه اي برخوردار بوده كه بدين ترتيب تلفيق دال هاي كف و سقف و نيز ديوارهاي اطراف و مياني زيرزمين، ملاحظات خاص تحليل، طراحي سازه اي و اجراي پي هاي شناور را مطرح مي سازد.
- **پي هاي فولادي يا پروفيله**[3]: استفاده از پي هاي فولادي در مواردي است كه بارهاي حاصل از روسازه سنگين و زمين بستر سخت و يا سنگي باشد و راه حل هاي استفاده از بتن مسلح پاسخگوي وضعيت سيستم هاي معمول پي سازي نبوده كه در اين صورت استفاده از پروفيل هاي فولادي بال پهن در دو لايه عمود و بر روي يكديگر با قالب بتني

[1] Floating (Buoyant) Foundations

[2] Box Foundations

[3] Grillage

درجا در اطراف به كار گرفته مي شود. در موارد بارهاي كمتر و در دسترس نبودن پروفيل هاي بال پهن فولادي و يا پي سازي موقتي در بستر هاي سست، مي توان از دو رديف الوارهاي چوبي متعامد روي هم محصور در بتن استفاده كرد.

- **پي هاي سلولي و پوسته اي**[1]: بر اساس استفاده از عملكرد، شكل پي در ساختار پي هاي شناور و يا تقليل وزن مرده بتن در پي هاي حجيم مدفون، و نيز تامين سختي كافي در طبقات مختلف زيرزمين از صفحات متناوب و متقاطع جهت تامين مقاومت كافي در مقابل نيروهاي برشي و لنگر خمشي و نيز صرفه جويي در احجام بتن و آرماتور مصرفي استفاده مي شود. ويژگي هيا فرمي روسازه عاملي تعيين كننده در انتخاب شكل اين پي ها مي باشد.
- **پي هاي منفرد چسبنان**[2]: پي هاي منفرد چسبان به عنوان جايگزيني براي پي هاي گسترده استفاده مي شود. پي هاي گسترده معضلاتي از نقطه نظر تحليل، طراحي و در نهايت اجرا را در بر دارند. در صورتي كه در پي هاي منفرد با فرض صلبيت آن ها روش هاي تحليل و طراحي، ساده و معمول مي باشد. در اجرا نيز با وجود شبكه آرماتور فوقاني در پي هاي گسترده، معضلات دسترسي براي بتن ريزي و عبور بتن از شبكه آرماتور بالايي وجود داشته و مضافاً به اين كه با توجه به ابعاد قابل توجه پي گسترده در سطح، مشكلاتي نيز در اجراي يكپارچه بتن مطرح است لذا براي تسهيل در طراحي و اجرا مي توان بجاي پي گسترده، يك رديف پي هيا منفرد، مجاور را جايگزين آن نمود كه به صورت منقطع در قسمت بالايي و متصل در قسمت پاييني بوده و لذا به علت عدم پيوستگي در بالا، لنگري رد و بدل نشده و مانند پي هاي منفرد نيازي به سفرة آرماتور پايين مطرح مي شود. جهت سهولت بيشتر در اجرا و ايفاي نقش شناژ مي توان يك سفرة مشترك حداقل آرماتور در پايين پي هاي مجاور منظور نموده و سپس در صورت لزوم هر پي تك، آرماتور اضافي منظور گردد. سيستم پي هاي منفرد در زير يكپارچه شده و علي رغم مجاورت و سراسري بودن پلان فونداسيون، مدل پي منفرد را مي توان در تحليل، طراحي و اجرا به كار گرفت.
- **تلفيق پي گسترده و پي هاي عميق**: اگرچه پي گسترده در ميان پي هاي سطحي راه حل نسبتاً مناسبي به شمار مي رود ولي ايراداتي از قبيل معضلات اجرايي و بتن ريزي يكپارچه، غير اقتصادي بوده و در نهايت وقوع نشست هاي زياد را به دنبال دارد. به طور كلي وقوع نشست در خاك اعم از تحكيمي و آني را مي توان تابعي از شدت بارگذاري (q) و عرض پي (B) محسوب نمود (اسلامي و همكاران، 1383). در اين صورت با توجه به عرض نسبتاً زياد پي هاي گسترده در مقايسه با پي هاي نواري و منفرد و منطقه تاثير تنش نسبتاً زياد در زير پي معضلات نشست در زير پي هاي گسترده ممكن است براي سازه هاي مهم و سنگين از محدوده مجاز نشست ها تجاوز نمايد. به علاوه براي پروژه هاي سنگين فشارهاي بزرگي را به زمين وارد مي سازند و معضلات باربري نيز به صورت قابل توجهي مطرح خواهد بود. در اين خصوص مي توان با تلفيق پي گسترده به همراه پي هاي عميق و مشاركت در باربري، يكي از كاملترين انواع فونداسيون ها را اجرا نمود. بر اساس فرضيه راديه معادل و تجارت حاصله از كنترل نشست با استفاده از پي هاي عميق مي توان با انتخاب گزينه مناسب پي گسترده و تغيير در تعداد شمع ها و اندركنش مطلوب پي گسترده و شمع كه اصطلاحاً به پي گسترده مركب موسوم است، اثرات توام افزايش توان برابري و نيز كاهش نشست را ايجاد نمود كه چنين مفهومي توسط پولوس[3] در شكل 1-12 نشان داده شده است.

---

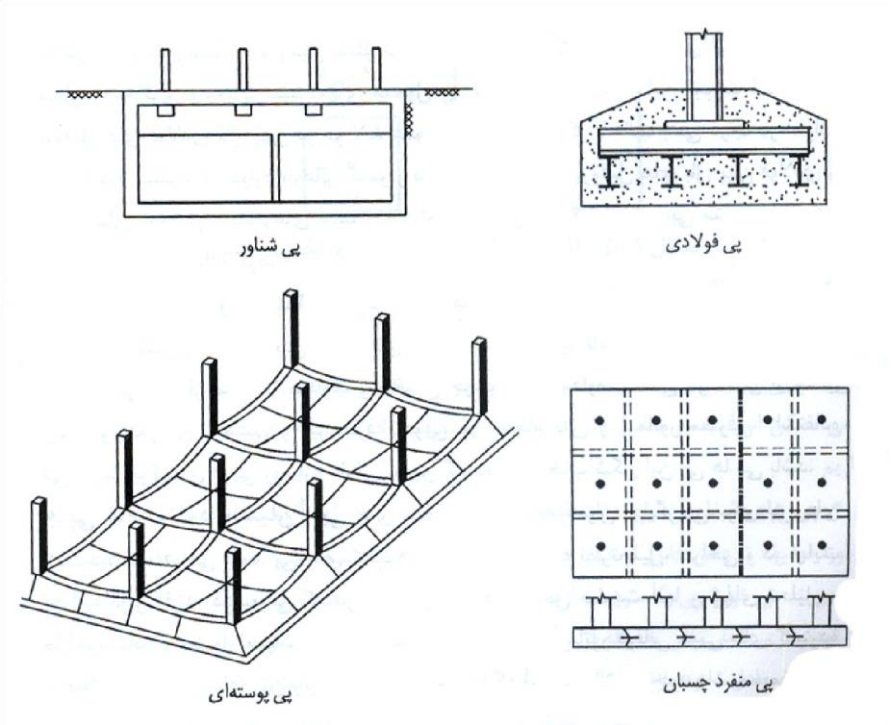
[1] Cellular or Shell Foundations

[2] Attached single Foundations

[3] Poulos, 1980

- **فونداسيون هاي صندوقه اي:** فونداسيون هاي صندوقه اي معمولاً از يك ستون توخالي قطور از جنس بتن مسلح ساخته شده و با روشهاي مختلف در زمين نصب مي شوند. در عمل از اين نوع پي ها براي سازه هاي دريايي استفاده شده و بصورت پيش ساخته مي باشند به نحويكه بتوان آنها را بصورت شناور به محل مورد نظر حمل و سپس آنرا تثبيت نمود.

تثبيت صندوقه در محل با پر كردن آن از آب و يا مصالح وزين ديگر انجام مي شود.



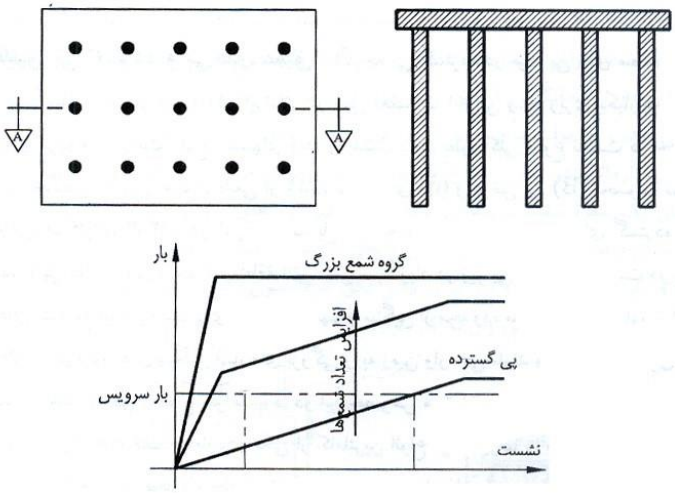
شكل 1-11 چند نمونه از پي هاي گسترده خاص

1 -5 ضوابط كلي و ملاحظات ديگر در طراحي فونداسيون ها:

ابعاد و اجزاء پي مي بايستي بنحوي طرح شوند كه هم تنش تماس با خاك در حد ايمن باشد و هم نشستها را به يك مقدار قابل قبول محدود نمايد اما مشكلات نشست اضافي عمومي بوده وتا حدووي مخفي باقي مانده اند زيرا تنها موارد بسيار ديدني انتشار يافته اند . تعداد اندكي ساختمانهاي مدرن در اثر نشستهاي اضافي فرو مي ريزند . اما وقوع فروريختگي ها جزئي يا گسيختگي موضعي در يك عضو سازه اي چندان غير معمول نيست، بيشتر آسيبهائي كه روي مي دهند شامل تركهاي نا خوشايند در ديوار و كف، كف هاي ناهموار (خيز هاوشيب ها) درهاوپنجره هاي چفت شده و غيره مي باشند. تغييرپذيري خاك همراه بابارهاي پيش بيني نشده يا حركت هاي بعدي خاك (نظيرزلزله ها) مي توانند به مشكلاتي از نشست منجر شوند كه مهندس، كنترل اندكي برآنهادارد. بعبارت ديگر آخرين روشهاي موجود طراحي ممكن است احتمال مشكلات نشست (ضريب خطر) رابه مقدار زيادي كاهش دهند، اما عموماً يك پروژه خالي از خطر بدست نمي دهند. بااين همه بطور منطقي برخي مشكلات نتيجه مستقيم طراحي ضعيف يا بي دقتيهاي ساده يا عدم توانائي مهندسي مي باشند . يك عامل عمده كه كارطراحي پي را مشكل مي سازد آن است كه پارامترهاي خاك مورد استفاده در طراحي قبل از شروع پروژه بدست مي آيند.

بعداً هنگام اجرائي برخاكي بنا مي شود كه خواص آن به مقدار زيادي نسبت به حالت اوليه اصلاح شده است كه اين اصلاح يا بواسطه روند اجرا يا احداث پي ايجاد مي گردد اين بدان معني است كه خاك ممكن است حفاري ويا جايگزين

گشته و متراكم گردد. حفاري درجهت برداشتن بار از روي خاك زيرين بوده وسبب انبساط آن رافراهم مي نمايد كوبش شمع معمولاً خاك رامتراكم تر مي نمايد. هريك از اين وقايع يا مستقيماً خواص خاك راتغيير داده (جايگزين خاك) يا پارامترهاي مقاومتي برآورد شده اوليه را اصلاح مي نمايند.



شكل 1-12 اثرات توام افزايش توان باربري و كاهش نشست با تلفيق پي گسترده و شمع

به طور كلي ضوابط زير در طراحي پي ها بايد مد نظر قرار گيرند:

1- عمق پي ها مي بايست به قدر كافي زياد باشد تا از بيرون زدگي جانبي مصالح از زير پي براي شالوده ها وپي هاي گسترده جلوگيري شود. بطور مشابه در گود برداري پي مي بايست اين نكته مد نظر باشد كه مشكل بيرون زدگي مصالح پي مي تواند براي شالوده هاي ساختمان موجود در نواحي مجاور گود اتفاق بيفتد و ضرورت دارد كه تدابير مقتضي در نظر گرفته شود. تعداد تركهاي ناشي از نشست كه به هنگام گود برداري براي سازه هاي مجاور مالكين ساختمانهاي موجود يافت مي شوند بسيار قابل توجه مي باشد.
2- عمق شالوده ها مي بايست زيربخشي از خاك باشد كه داراي تغييرات حجمي فصلي ناشي از يخ زدگي، ذوب شدن يخ و رشد گياهان مي باشد. اكثر آيين نامه هاي ساختماني محلي مقررات مربوط به حداقل عمق پي را در بردارد.
3- در پي ممكن است لازم شود شرايط خاك منبسط شونده در نظر گرفته شود در چنين شرايطي بناي ساختمان در جهت حبس بخار آب موجود در خاك است كه به طرف بالا حركت مي نمايد. اين بخار آب به تدريج فشرده شده و خاك واقع در بخش دروني زير دال كف وپي ساختمان را حتي در شرايطي كه تغيير محيطي به طور عادي روي مي دهد اشباع مي نمايد.
4- علاوه بر ملاحظات مربوط به مقاومت فشاري، سيستم پي مي بايست در برابر واژگوني، لغزش وهر نوع بالا زدگي (شناوري) ايمن باشد.
5- سيستم پي بايد در برابر خوردگي يا تخريب ناشي از تماس با مواد مضر موجود در خاك محافظت گردد.

6- سيستم پي بايد بتواند تغييرات بعدي را در ناحيه يا هندسه ساختمان را تحمل كند و در صورت لزوم به ايجاد تغييرات در سازه فوقاني و بارگذاري به سادگي قابل اصلاح باشد.

7- پي مي بايست توسط نيروي انساني موجود در محل قابل ساخت باشد.

8- اجرا وتوسعه محل مي بايست مطابق با استانداردهاي محيط زيستي محل باشد از جمله اينكه مي بايست تعيين شود كه آيا ساختمان از طريق تماس با زمين در معرض آلودگي است يا خير.

6- 1 شمع

شمع چيزي جز يك ستون مستقر شده در زمين براي تحمل بارهاي وارده از طرف سازه و انتقال آن به لاية مقاوم تر زمين كه در عمق زياد قرار دارد نيست. اجراي شمع زير انواع فونداسيون در موردي كه خاك زير پي براي تحمل بارهاي وارده توان كافي نداشته باشد، استفاده مي شود. شمع بارهاي وارده از پي و بنا را در عمق خاك عبور داده و آنرا به خاك مقاومتر (در عمق بيشتر) منتقل مي كند. شمع ها را ممكن است از لحاظ نوع جنس آنها يا بر اساس نحوة انتقال بار به زمين و يا روش ساخت دسته بندي كرد. از نظر نوع جنس آن ها را به شمع هاي چوبي، بتني و فلزي تقسيم مي كنند. از لحاظ نحوة انتقال بار به زمين شمع ها به شمع هاي مقاومتي و شمع هاي اصطكاكي تقسيم بندي مي شوند. و بالاخره از نظر روش ساخت شمع ها را مي توان به شمع هاي پيش ساخته و ساخته شده در محل تقسيم كرد. شمع هاي پيش ساخته و ساخته شده در محل از لحاظ جنس و يا نحوة ساخت داراي انواع مختلفي مي باشند.

از لحاظ نحوة انتقال بار به زمين، گاهي شمع مانند يك ستون بارهاي وارده را از سرتاسر لايه هاي غير مقاوم زمين عبور داده و از طريق سر خود كه به زمين مقاوم رسيده است به زمين انتقال مي دهد كه اين شمع ها را مقاومتي مي نامند. در مواقعي كه زمين خوب در اعماق زياد و دور از دسترس باشد ممكن است شمع ها مقاومت خود را از طريق نيروي اصطكاكي كه بين سطوح جانبي آنها و زمين به وجود مي آيد كسب مي كنند. اين نوع شمع ها را شمع هاي اصطكاكي مي نامند. در واقع تقريباً در تمام حالات مقاومت، تركيبي از مقاومت اصطكاكي و مقاومت انتهايي است.

انواع شمع ها:

بر حسب شرايط تحت الارضي، سطح آب زيرزميني و نوع باري كه بايد حمل شود، انواع مختلفي از شمع ها در كارهاي ساختماني مورد استفاده قرار مي گيرد. شمع ها بر حسب مصالحي كه از آن ساخته مي شوند داراي انواع زير هستند:

1. شمع هاي فولادي
2. شمعي هاي بتني
3. شمع هاي چوبي
4. شمع هاي مركب

1-6- 1 شمع هاي فولادي

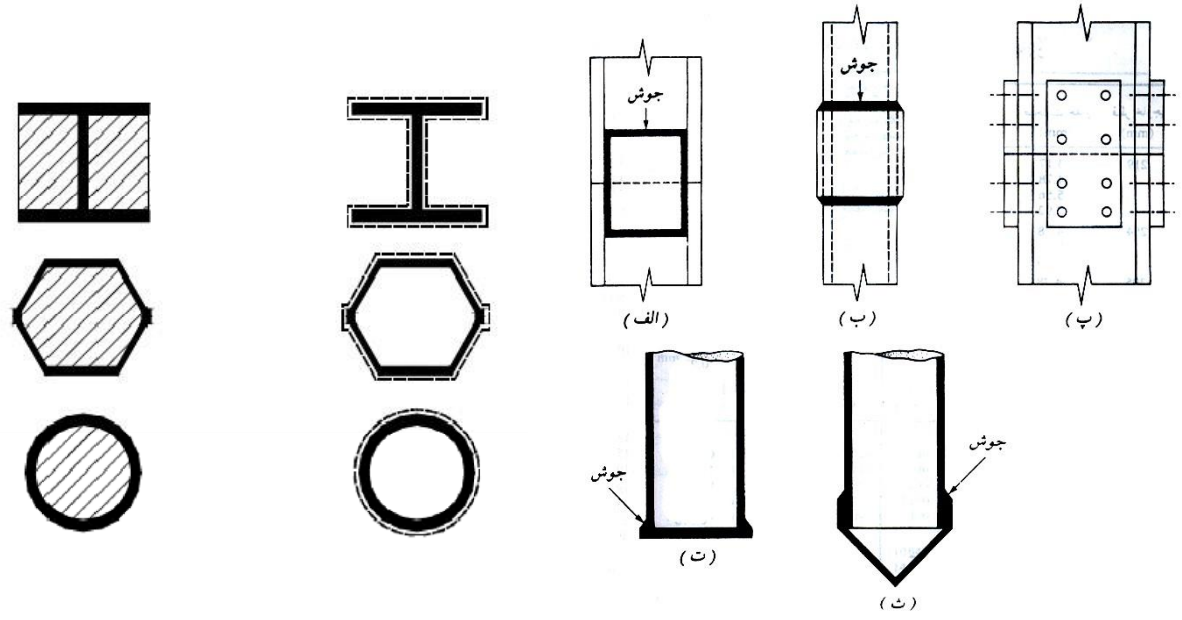
انواع معمول شمع هاي فولادي، شمع هاي لوله اي و شمع هاي **H** مي باشند. شمع هاي لوله اي نيز در دو حالت انتهاي بسته و انتهاي باز به زمين كوبيده مي شوند. هرچند كه از تيرآهنهاي **I** و بال بهن نيز مي توان براي شمعكوبي استفاده كرد، ليكن تيرآهن ها با نيمرخ **H** به علت مساوي بودن ضخامت بال و جان معمولاً ترجيح داده مي شوند.

در صورتي كه طول مورد نياز براي شمع بزرگتر از طول يك شاخه شود، شمع هاي فولادي را به وسيله جوش و يا پرچ به يكديگر وصله مي كنند. در شكل 1 -13-الف جزييات يك وصله جوشي براي شمع هاي **H** نشان داده شده است. در شكل 1-13-ب نيز جزييات يك وصله جوشي براي شمع هاي لوله اي مشاهده مي شود. در صورت استفاده از پرچ، از جزئياتي مثل

1-13-پ براي وصله شمع هاي **H** استفاده مي شود.

وقتي كه انتظار لايه اي سخت نظير شن متراكم، شيل و سنگ نرم مي رود در نوك شمع فولادي از كفشك[1] استفادهمي شود. در اشكال 1-13-ت و ث دو حالت تخت و مخروطي براي كفشك نوك شمع هاي لوله اي نشان داده شده است.

در زمين هاي باتلاقي، خاك هاي نباتي، مناطق ساحلي و ساير خاك هاي خورنده، املاح خاك و آب مي توانند شمعهاي فولادي را تحت حملات شيميايي قرار داده و خرودگي ايجاد نمايند. خاك هايي كه **pH** آن ها بزرگتر از 7 است خورندهنيستند. براي جبران كردن كاهش ضخامت به علت خوردگي بر ضخامت محاسباتي، معمولاً يك ضخامت اضافي در نظر گرفته مي شود. براي جلوگيري از خوردگي، در روي شمع ها مي توان از يك لاية پوشش اپوكسي استفاده كرد. اين پوشش كه در كارخانه روي شمع ها زده مي شود، در هنگام حمل و نقل و كوبيدن شمع، به سختي آسيب پذير است. گاهي مواقع براي جلوگيري از خوردگي شمع فولادي، از پوشش بتني استفاده مي شود. استفاده از حفاظت كاتود يك روش مطمئني براي جلوگيري از خوردگي شمع است.



(ب) **(الف)**

شكل 1-13 شمع هاي فولادي

[1] Driving point or shoe

2-6- 1 شمع هاي بتني

اين نوع شمع ها به دو دسته تقسيم مي شوند . شمع هاي بتني پيش ساخته و شمع هاي ساخته شده در محل كه در زير به شرح هر يك از انها مي پردازيم:

شمع هاي بتني پيش ساخته:

شمع هاي بتني پيش ساخته را مي توان تقزيبا به هر شكل و اندازه اي در كارخانه ساخت.مقاطع معمول اين نوع شمع ها مربع، دايره و چند ضلعي است. شمع هاي بتني پيش ساخته معمولا با طول 18 متر كه مي توانند باري را در حدود 1000 را تحمل كنند. محدوديتي از نظر خمش داشته و لذا در موقع حمل انها بايد دقت كافي براي جلوگيري از شكستن آنها به كاربرد. در سر شمع هاي بتني پيش ساخته براي جلوگيري از تخريب شمع در موقع كوبيده شدن كلاهك فلزي نصب مي كنند.

مزاياي استفاده از شمع هاي بتني:

(الف) بر خلاف شمع هاي چوبي كه بهتر است هميشه در زير آب قرار داشته باشد استفاده از شمع هاي بتني در داخل و خارج آب تقريبا يكسان است.

(ب)محاسبة آ نها آسان و نسبتاً دقيق مي باشد.

(پ) شمع هاي بتني پيش ساخته را قبل از كوبيدن مي توان مورد بررسي و معاينه قرار داد.

(ت)قابليت تحمل شمع هاي بتني به مراتب بيشتر از شمع هاي چوبي است.

(ج) خطر خوردگي به وسيلة حشرات و حيوانات كوچك در شمع هاي بتني وجود ندارد.

معايب استفاده از شمع هاي بتني:

(الف) قطع قسمت انتهايي اضافي ا نها به اساني ميسر نيست.

(ب)براي گرفتن و سخت شدن بتن مدت نسبتازيادي لازم است.

(پ) اگر در موقع كوبيدن به مانع سختي نظير سنگ برخورد كند خواهد شكست.

(ج) كوبيدن انها احتياج به وسايل مخصوصي با وزنه هاي سنگين دارد.بعلاوه لرزش زمين در اثر كوبيدن شمع ها ممكن است به ساختمان هاي مجاور اسيب وارد كند.

(د) اضافه كردن و اتصال شمع هاي بتني به همديگر تقريبا غير ممكن است.

(هـ) وجود مواد و املاح مخصوص در اب گاهي باعث خرابي بتن و خوردگي فولادهاي مصرفي در انها مي شود.

شمع هاي بتني ساخته شده در محل

معايب شمع هاي پيش ساخته شده باعث شده است كه استفاده از انها به ميزان قابل توجهي كاهش يابد و به جاي انها از شمع هاي بتني ساخته شده در محل كه به انواع زير ساخته مي شود استفاده شوند.

(الف) شمع هاي چند قسمتي

(ب)شمع هاي بتني ريخته شده در محل با استفاده از جدار هـ ي فلزي

(ج) شمع هاي بتني ريخته شده در محل بدون استفاده از جدار هي فلزي

1 -6-3 شمع هاي چوبي

از جمله پر مصرف ترين نوع شمع ها هستند.مقطع آنها معمولاً به شكل مربع و به ابعاد 22.cm5 ×22.5 تا 65cm×65 به طول 12 متر ساخته مي شود. اين شمع ها از تنة درختي با چوب سخت نظير كاج و بلوط درست شده است و دو سر آنها براي جلو گيري از خوردگي شن در موقع كوبيدن با كلاهك فلزي مسلح مي سازند.

شمع هاي چوبي از جمله مقطع دايره اي را معمولاً بدون كندن پوست بكار مي برند تا نيروي اصطكاك حاصله بين سطح جانبي شمع و زمين به حداكثر مقدار ممكنه افزايش يافته و شمع قابليت تحمل فشار زيادي داشته باشد. قطر شمع هاي چوبي استوانه اي 20 تا 25 سانتي متر است. شمع هاي چوبي نسبت به شمع هاي ديگر ارزانتر و از لحاظ برش و اتصالآسانتر و حمل و نقل و اجراي آنها نيز نسبتا راحت است. حداكثر طول شمع ها را به فواصل 80 تا 120 سانتي متر از همديگرو به صورت يك در ميان مي كوبند. پس از آنكه شمع به اندازه كافي در زمين فرو رفت انتهاي آن را با ارة مخصوص قطع ميكنند به طوريكه همگي در يك سطح قرار مي گيرند. براي آنكه فشار يكنواختي به شمع ها وارد آيد مي توان آنها را با با چوبهاي افقي بهم وصل كرد و روي آنها قرار داد. امروزه روش هاي مختلفي براي جلوگيري از پوسيدگي چوب در آب و يا در خشكي وجود دارد كه با استفاده از آنها به ميزان قابل توجهي از خطر پوسيدگي و حملة حشرات كاسته مي شود.

1 -6-4 شمع هاي مركب

در شمع هاي مركب، قسمت فوقاني و تحتاني شمع از دو مصالح مختلف ساخته مي شوند. به عنوان مثال، شمع هاي مركب ممكن است از فولاد و بتن و يا چوب و بتن ساخته شوند. شمع هاي مختلط فولاد و بتن مركب از قسمت تحتاني فولاد و قسمت فوقاني بتن درجا مي باشند. از نوع شمع وقتي مورد استفاده قرار مي گيرد كه طول شمع لازم براي تامين ظرفيت باربري از ظرفيت باربري بتن درجاي ساده تجاوز كند. شمع هاي مختلط چوب و بتن داراي قسمت تحتاني چوبي مي باشند كه به طور دائم در سفرة آب زيرزميني قرار دارد و قسمت فوقاني آن ها از بتن است. در هر صورت ايجاد وصله در محل تلاقي دو مصالح مشكل بوده و به همين علت است كه شمع هاي مختلط داراي كاربرد وسيعي نمي باشند.

شكل 1-14 شمع هاي چوبي شناور مربوط به يك ساختمان صنعتي كوچك (Kemfert, 2006)

1 -7 اجراي فونداسيون ها، گودبرداري و مخاطرات اجرايي

چطور خطرات گودبرداري ساختماني را كاهش دهيم؟ سازمان پيشگيري و مديريت بحران شهر تهران مطلبي درباره چگونگي گودبرداري ايمن و بدون خطر، تلفات و خسارات براي همسايگان و كارگران منتشر كرده است كه در ادامه مي خوانيد:

اندازه كوچك قطعات زمين و فاصله عرضي صفر ساختمان ها از يكديگر در بسياري از نقاط تهران باعث شده گودبرداري امريدلهره آور و نگران كننده براي مالكان ساختمان ها و همسايگان شود. در سال هاي اخير با افزايش تراكم و تعداد طبقات و نياز بهتأمين پاركينگ و ساير سطوح خدماتي در ساختمان ها، عمق گودبرداري نيز بيشتر شده است. اما در بيشتر موارد از همانروش هاي سنتي كه در گود هاي كم عمق گذشته استفاده مي شود. متأسفانه بسياري هنوز فكر مي كنند كه به كارگيريتمهيدات ايمني لازم در گودبرداري هزينه و زمان بيهوده اي را به كار تحميل مي كند، در حاليكه گودبرداري اصولاً جزو كارهاي پيچيده و بسيار خطرناك مهندسي محسوب مي شود و به ويژه در گودهاي با عمق زيادتر نيازمند بررسي هاي همه جانبه، دقت و نظارت و در نهايت صرف وقت و هزينه قابل ملاحظهاي است تا جان و مال مردم از اين طريق به خطر نيافتد. با اين حال عدم آشنايي به اصول فني، سهل انگاري و يا سودجويي غيرمسئولانه منجر به ايجاد حادثه مي شود. در ادامه نشانه هاي يك گودبرداري سالم و يا خطرناك را ميخوانيد.

1 -7-1 خطرهاي ناشي از گود برداري

موارد ايمني مربوط به گودبرداري را مي توان در سه دسته عمده زير قرار داد:

1. ايمني كاركنان داخل و اطراف گود و عابران و وسايل نقليه در مقابل حوادث احتمالي به ويژه خطر ريزش گود.

2. خطر آسيب ديدگي و تخريب ساختمانهاي مجاور گود در اثر گودبرداري يا ريزش گود.
3. خطر آسيب ديدگي تاسيسات و شريان هاي شهري در اثر گودبرداري يا ريزش گود.

2-7- 1 نشانه هاي خطرناك بودن گود

موارد زير علامت خطرناك بودن گود بوده و بررسيها و احتياط هاي همه جانبه بيشتري را ضروري مي كنند:

(الف) ضعيف و يا حساس بودن ساختمان مجاور: مواردي نظير عدم وجود اسكلت، ضعيف بودن ملات ديوارها و علائم ضعف اجرايي ساختمان، وجود ترك و شكستگي يا نشست و شكم دادگي ديوارها، از اين جمله اند. وجود ديوار مشترك بين ساختمان مورد نظر براي تخريب و ساختمان مجاور آن نيز غالباً ميتواند منبع ايجاد مشكل باشد. در پارهاي موارد ساختمان مجاور داراي ارزش تاريخي و فرهنگي بوده و هر گونه نشست مي تواند باعث خسارات جبران ناپذير به آن شود. در بعضي موارد ديوار مجاور به ساختمان مورد نظر براي تخريب تكيه داده است و با انجام تخريب ممكن است بدون هرگونه خاكبرداري ساختمان مجاور ريزش كند.

به خاطر داشته باشيد كه ضعيف بودن ساختمان مجاور تنها دردسرها و بررسي ها و احتياط هاي لازم از طرف صاحب كار و افرادي كه در مراحل مختلف طرح و اجراي ساختمان كار ميكنند را بيشتر ميكند و هيچ عذري براي خراب شدن آن به دست نميدهد. به عبارت ديگر در دادگاه هايي كه براي رسيدگي به تخريب ساختمان هاي مجاور در اثر فعاليت هاي ساختماني انجام مي شود، مسئول اجراي ساختمان نمي تواند به بهانه اينكه ساختمان مجاور، خود ضعيف بوده از زير مسئوليت هاي ريزش و خرابي ايجاد شده شانه خالي كند و جواب قاضي در اين گونه موارد اين است كه شما بايد به تناسب ضعف ساختمان مجاور اقدامات حفاظتي و احتياطي بيشتري به كار ميبستيد.

(ب) ضعيف بودن خاك: معمولاً هر چه خاك محل ضعيف تر باشد خطر بيشتري براي ريزش گود و تخريب ساختمان هاي مجاوروجود دارد. خاك هاي دستي بارزترين نمونه خاكهاي ضعيف هستند. توضيح آنكه در گذشته بسياري از نقاطي كه اكنون درداخل شهر تهران هستند، خارج از شهر محسوب مي شدهاند و كاميون هاي حامل خاك و نخاله بار خود را در آنجا تخليهمي كرده اند. بعدها با ضميمه شدن اين محلها به داخل شهر، اغلب اين خاكها و نخاله ها در همان جا بدون تراكم مهندسيتسطيح شده اند و اكنون خاك دستي را تشكيل مي دهند.

همچنين در بسياري از موارد محل به صورت تپه و ماهور و يا بستر مسيل بوده و با خاك يا نخاله به صورت غيرمهندسي تسطيح شده است. همچنين در بعضي بخش هاي جنوبي تهران به ويژه مناطق 12و 16 در گذشته گودهايي بعضاً عميق به منظور تهيه مواد اوليه ساخت آجر وجود داشته كه بسياري از آنها اكنون با خاك دستي پر شده اند. رسوبات سست جوان كه غالباً در اطراف مسيل ها و پاي دامنهها وجود دارند نيز از جمله خاكهاي ضعيف محسوب ميشوند.

امكان زيادي وجود دارد كه سازنده ساختماني كه در مجاورت زمين محل احداث پروژه قرار دارد، در زمان ساخت، خاك ضعيف را جا به جا نكرده و پي ساختمان را برروي همان خاك سست قرار داده باشد. در اين صورت ساختمان مجاور تا هنگامي كه گودي در كنار آن ايجاد نشده استوار است اما به محض اينكه با گود برداري و لو كم عمق اطراف آن خالي شد، خاك ضعيف موجود در زير پي آن ريزش كرده و باعث خرابي ساختمان مجاور خواهد شد.

(ج) عميق بودن گود: معمولاً هرچه عمق گود بيشتر شود خطر بيشتري كاركنان و ساختمانهاي مجاور را تهديد مي كند. در سالهاي اخير با افزايش تراكم ساختماني، نياز به پاركينگ و انباري و سطوح مشاع ديگر افزايش يافته و باعث افزايش تعداد طبقات زيرزمين شده است. بايد توجه شود كه با افزايش عمق گود، خطر ريزش آن به مراتب افزايش مي يابد و اگر در گذشته مي شد كه در گودهاي كم عمق بدون بررسي هاي همهجانبه و طرح هاي مهندسي دقيق، تنها با عقد قراردادي با مباشر ماشين آلات خاكبرداري و با حضور چند كارگر و بنا اقدام به گودبرداري نمود، اكنون با افزايش عمق گودها و افزايش ارزش ساختمان ها و تأسيسات مجاور ، گودبرداري غيرفني بسيار خطرناك بوده و خسارات جاني و مالي جبراننا‌پذيري را در پي دارد.

(د) مدت بازماندن گود: معمولاً با افزايش زمان بازماندن گود حتي اگر بارندگي يا تغييرات جوي مطرح نباشد خطر ريزش گود بيشتر مي شود، اما افزايش زمان بازماندن گود به ويژه در فصل هاي بارندگي و رطوبت (زمستان و بهار)، با وقوع بارش هايي گاه سنگين و سيلآسا همراه است كه با اشباع خاك و يا جاري شدن آبهاي سطحي خطر ريزش گود را به مراتب افزايش مي دهد. به طوري كه بسياري از ريزشهاي گود در گذشته به فاصله چند ساعت تا چند روز بعد از شروع بارندگي روي داده است.

(و) آبهاي سطحي و زيرسطحي: بالا بودن سطح عمومي آب هاي زيرزميني در منطقه معمولاً عمليات آبكشي جهت پايين انداختن سطح آب زيرزميني را ضروري مي سازد. معمولاً وجود سطح آب زيرزميني بالا خطر ريزش گود را افزايش مي دهد به ويژه بعد از چند روز از انجام عمليات گودبرداري و رسيدن سطح آب زيرزميني به تعادل. همچنين وجود جريانهاي آب زيرزميني از طرق نظير نهرهاي مدفون يا قناتها ميتواند در افزايش خطر ريزش گود بسيار مؤثر باشد. جريانهاي آب هاي سطحي نيز از عواملي هستند كه مي توانند باعث فرسايش خاك گود و اشباع شدن آن شده و به افزايش خطر ريزش گود كمك كنند. دور نگه داشتن جريان آب هاي سطحي موجود يا محتمل (مثلاً در اثر بارندگي) از مهم ترين و اصلي ترين قدم هاي اوليه حفاظت گود است.

3-7- 1 اقدامات قابل انجام براي كاهش خطر گودبرداري ها:

1. اگر سرمايه گذار و يا صاحبكار ساختمان در حال ساخت هستيد:

حتماً بررسي هاي مكانيك خاك را از طريق شركت هاي معتبر و به صورت كامل و دقيق انجام دهيد. از مهندس محاسب خود بخواهيد كه طرح گودبرداري و حفاظت گود را با استفاده از اطلاعات گزارش مكانيك خاك و با دقت زياد انجام دهد. همچنين از وي بخواهيد كه ساختمانها و تأسيسات مجاور گود مورد نظر را دقيقاً بررسي كند و در صورت نياز اقدامات حفاظتي براي آنها را پيشنهاد كند.

از مهندس ناظر و مجري خود بخواهيد كه حتماً گزارش مكانيك خاك و نيز نقشههاي اجرايي طراحي گود را كنترل كرده و در صورت وجود نقص، اشكال يا ابهام در آنها از تهيهكنندگان آنها بخواهيد كه موارد را برطرف كنند.

نقشه ها و طراحي هاي گود بايد براساس گزارش بررسي هاي مكانيك خاك و توصيه هاي مشاور ژئوتكنيك تهيه شده باشند و مراحل كار، روش انجام گودبرداري (دستي، ماشيني) و مشخصات سازه هاي نگهبان و ديگر اقدامات حفاظتي شيب را به خوبي نشان دهند. بهتر است كه قبل از اجراي كار جلسه مشتركي با حضور مهندسين ناظر و مجري و محاسب

و نماينده شركت تهيه كننده گزارش مكانيك خاك برگزار كنيد و مراحل و اشكالات و خطرات را مرور كنيد. بهتر است در اين جلسه پيمانكار يا مسئول فني خاك برداري و مسئول اجراي سازه نگهبان نيز حضور داشته باشد.

2. اگر در مجاورت ساختمان شما قرار است تخريب و گودبرداري انجام شود:

قبل از صدور پروانه و شروع گودبرداري بايد بررسيهاي مكانيك خاك مناسبي انجام شده باشد. ساختمان شما بايد مورد بررسي قرار گرفته و مهندس محاسب و يا ناظر با توجه به نوع بنا و عمق قرارگيري پي ساختمان شما نسبت به كف پي مورد نظر راجع به نياز و نحوة حفاظت و مقاوم سازي آن اظهار نظر كرده و در صورت نياز طرح هاي لازم را ارائه كرده باشد. در نقشه هاي اجرايي، نحوة گودبرداري و حفاظت از گود و يا سازه نگهبان بايد به خوبي نشان داده شده باشد و اين اقدامات براي محافظت از گود و ساختمانهاي مجاور كافي باشند.

دوره باز بودن گود بايد زمانبندي مشخصي داشته باشد (زمان شروع گودبرداري، زمان برپايي سازه نگهبان، زمان خاتمه گودبرداري). مهندس ناظر و در صورت لزوم نماينده شركت مكانيك خاك بايد بر عمليات گودبرداري نظارت كافي اعمال كنند.

گودبرداري و اجراي سازه نگهبان بايد مطابق نقشه هاي اجرايي و مشخصات اجرايي (دستي، ماشيني) و اصول فني پيش انجام شود. در صورت مشاهده هر گونه اقدام خطرناك مراتب را به مسئولين گزارش نماييد. در جريان انجام كار گودبرداري سعي كنيد همه چيز را به خوبي زير نظر داشته باشيد و به ويژه با در نظر داشتن وضعيت ساختمان خود ايجاد هرگونه ترك، صداي غيرعادي ساختمان، نشست و غيره را بررسي نماييد و در صورت بروز اينگونه موارد فوراً اقدامات لازم را انجام بدهيد.
اين اقدامات حسب شرايط مي تواند به صورت تخليه فوري ساختمان، انعكاس موضوع به مسئولين پروژه و شهرداري جهت انجام اقدامات اصلاحي باشد. در صورتي كه عمليات گودبرداري تأسيسات و لولههاي شهري گاز، آب، برق و...را به خطر انداخته مراتب را به مراجع مربوطه اطلاع دهيد.
مراقب باشيد كه گودبرداري بيش از حد مجاز به ساختمان شما نزديك نشود. گاه بعضي با بيدقتي و يا به خاطر سهولتكار خود، زير ملك شما را نيز خالي مي كنند.

در صورتي كه نقصي در انجام كارها مشاهده كرديد، ابتدا از طريق مراجعه به مسئولين فني ساختمان نظير مهندس ناظر، مجري يا مالك موضوع را به آرامي و محترمانه در ميان بگذاريد. در صورت نياز مي توانيد به ناحيه و منطقه شهرداري و يا ديگر مراجع ذيصلاح مراجعه نماييد.

به ياد داشته باشيد كه يكي از بهترين راههاي كاهش خطرات گودبرداري، اتمام زودتر عمليات داخل گود و ايمن و پركردن مجدد آن است. بنابراين مراقب باشيد دخالت هاي شما موجب توقف و يا طولاني شدن زياد و بيهوده كار نشود.

3. در صورتي كه داخل گود كار مي كنيد:

به خاطر داشته باشيد كه ريزش ديواره هاي گود مي تواند ظرف چند ثانيه شما را به دام انداخته و در عرض چند دقيقه هلاك كند. وزن هرمتر مكعب خاك 1/6 تا 2 تن است. اگر در زير خاك ريزش كرده مدفون شويد در عرض كمتر از 3 دقيقه خفه مي شويد و حتي اگر زنده بيرون آييد، احتمالاً بار خاك صدمات داخلي شديدي به بدن شما وارد آورده است. ريزش گود تنها خطر گودبرداري نيست و كمبود اكسيژن، هواي سمي، گازهاي قابل انفجار و خطوط برق مدفون نيز ممكن است جزء خطرات باشند.

در داخل گود به ويژه در محل هايي كه خطر سقوط اشياء وجود دارد:

- حتماً از كلاه ايمني استفاده كنيد.
- در صورتي كه در معرض برخورد با ترافيك عبوري هستيد از پوششهاي براق و شبرنگ استفاده كنيد.
- مواظب خطر سقوط قطعات سست خاك يا سنگ باشيد.
- در زير بارهاي آويزان نايستيد و يا كار نكنيد.
- از ماشينآلات خاكبرداري فاصله بگيريد.
- در صورتي كه كارگراني در پاييندست گود حضور دارند، بر روي ديوارها و يا سطوح مشرف به گود كار نكنيد.
- وارد گودي كه نشانة تجمع آب دارد نشويد؛ مگر آنكه به خوبي محافظت شده باشد.
- در صورتي كه داخل گود مشغول كندن ديواره يا پاي آن هستيد، حتماً بايد فردي مطلع در بيرون از محوطه خطر، مراقب وضعيت پايداري گود و كار شما باشد.
- حتي المقدور از بريدن داخل پاي ديوار يا شيب و ايجاد شيب منفي (نيم طاقي) جهت اجراي پي ها جداً خودداري كنيد.

در صورتي كه مجبور به اين كار هستيد اولاً سعي كنيد اين طول حداقل بوده و ثانياً در حين كار بايد فردي مطلع (ترجيحاً مهندس ناظر) مراقب وضعيت پايداري ديواره و كار شما باشد. حتماً از كلاه و ديگر وسايل ايمني استفاده كنيد و سعي كنيد كار را در زير يك ميز محافظ فلزي مقاوم انجام دهيد.

4. در صورتي كه از طرف شهرداري يا ديگر نهادها، مسئول كنترل طرح و اجراي ساختمان هستيد:

- براي گودبرداري هاي عمده (گودبرداري هاي با عمق بيشتر از عمق ديوارها يا پيهاي ساختمان مجاور و به فاصله نزديكتر از عمق گودبرداري از مرز زمين) بهتر است كه سازنده ساختمان حداقل 30 روز قبل از شروع گودبرداري موضوع را به طور كتبي به مالكين اطلاع داده و رونوشت آن را به شهرداري ارائه نمايد.
- قبل از صدور پروانه ارائه نقشه هاي سازه نگهبان و كنترل آن ها توسط شهرداري ضروري است. كنترل سازه نگهبان طرف معابر عمومي بهتر است توسط معاونت فني و عمراني انجام شود.
- در گودهاي با عمق بيش از 3 متر قبل از صدور پروانه، ارائه گزارش بررسيهاي مكانيك خاك انجام شده از طريق شركتهاي معتبر توسط مالك و كنترل آنها توسط شهرداري منطقه ضروري است.
- سازنده ساختمان را موظف كنيد كه در نزديكي محل كارگاه تابلويي با فرم يكسان براي اعلام مشخصات عمومي گودبرداري نصب كند كه شامل اطلاعات زير باشد:

تاريخ شروع گودبرداري(هفته)، تاريخ تكميل گودبرداري(هفته)، تاريخ تكميل ايمنسازي گود(هفته)، تاريخ خاتمه دوره باز بودن گود (هفته)، عمق گودبرداري، روش گودبرداري، روش حفاظت گود، نام مهندس ناظر پروژه، نام مهندس طراح پروژه، نام مشاور ژئوتكنيك پروژه، نام مهندس طراح گود، نام پيمانكار اجراي گود، نام مهندس ناظر گودبرداري.

- در صورتي كه براي حفاظت گود يا ساختمان مجاور نياز به انجام كارهاي ساختماني عمده در زمين يا ساختمان مجاور باشد، نياز به اخذ رضايت از مالك آن و يا صدور پروانه جداگانه اي خواهد بود.

1 -7-4 بازرسي ها:

گود و محل هاي اطراف آن و نيز سيستم هاي حفاظتي بايد هر روزه توسط فردي مجرب از نظر وجود هرگونه شواهد خطرناك نظير گسيختگي گود، گسيختگي سيستم هاي حفاظتي و يا سازه نگهبان گود يا جريان آب، بازرسي شوند. بازرسي بايد قبل از شروع شيفت كار و در صورت نياز در تمام ساعات كار انجام شود. همچنين بعد از هر بارندگي يا شرايط خطرناك ديگر نيز الزامي است. اين بازرسيها فقط هنگامي مورد نيازند كه خطري افراد شاغل در گود و ساختمانهاي مجاور را تهديد كند.

1 -7-5 بررسي هاي مكانيك خاك چيست؟

بررسيهاي مكانيك خاك انجام بررسي هاي محلي در مورد زمينشناسي عمومي، مشخصات خاك محل و سطح آبهاي زيرزميني مي باشد و به ويژه بايد وجود و عمق خاك هاي مسئله داري نظير خاك هاي دستي را مشخص نمايند. توصيه هاي فني در مورد نوع پي، مقاومت مجاز خاك زير پي و نشست هاي مورد انتظار و پارامترهاي طراحي ديوارهاي حايل ديگر بخش هاي ضروري گزارش مكانيك خاك را تشكيل ميدهند. همچنين با توجه به عمق گودبرداري مورد نياز و مشخصات ساختمان ها و ديگر تأسيسات مجاور نظير معابر، خطوط گاز، فاضلاب ... بايد خطر گودبرداري ارزيابي شده و روش گودبرداري، شيب ايمني گودبرداري، مراحل گودبرداري، نياز به سازه نگهبان، نوع سازه نگهبان و روش طراحي و اجراي آن به تفصيل بيان شود. براي اين كار لازم است كه مشخصات ساختمانها و تأسيسات مجاور به تفصيل برداشت شده و در گزارش ارائه گردد.

البته گاه مي توان مشخصات ساختمان ها و تأسيسات مجاور را در اين مرحله به صورت تخميني تعيين كرد و تعيين دقيق آنها را به مرحله طراحي گودبرداري واگذار نمود كه در اين صورت مشاور بايد اين موضوع را به روشني در گزارش بيان نمايد. همچنين خطرات احتمالي نظير چاهها، قنات و حفرههاي زيرزميني ديگر بايد شناسايي شده و عمق، موقعيت و تأثيرآنها بر ساختمان و نحوه مقاومسازي آنها جهت رفع خطر به تفصيل بيان گردد. از موارد ديگري كه در گزارش بيان مي شود تعيين نوع زمين جهت برآورد تأثير آن بر نيروهاي زلزله طراحي ساختمان است كه تأثير زيادي در ايمني لرزه اي و هـ زينههاي ساختمان دارد.

مشاور بايد با توجه به شيب زمين و مشخصات زمينشناسي محل اسكان بروز ناپايداريهايي نظير رانش زمين، ريزش سنگ، جريان گل و نظاير آنها را به طور اجمالي بررسي نموده و در صورتي كه خطرات فوق در محل مطرح باشند، به تفصيل اين موارد را بررسي نموده و توصيه هاي اجرايي در مورد رفع خطرات آنها بر ساختمان ارائه نمايد. همچنين مشاور بايد با توجه به بررسي كلي و اجمالي عكسهاي هوايي و نقشه هاي پايه امكان وجود خطراتي نظير گسل فعال و روانگرايي حين زلزله را بررسي نموده و در صورت نياز بررسي هاي تفصيليتري را در مورد آنها انجام دهد.

در حال حاضر شهرداري فقط براي ساختمان هاي 6 طبقه و بيشتر (در تهران) انجام بررسي هاي مكانيك خاك را الزامي كرده ولي بهتر است كه شما اگر ساختن ساختماني با تعداد طبقات كمتري (3 طبقه به بالا) را هم در نظر داريد، به ويژه اگر عمق گودبرداري بيش از 1/5 متر باشد، حتماً بررسي هاي مكانيك خاك را انجام دهيد زيرا اين بررسي ها اگر به درستي انجام شوند، ايمني ساختمان و عمليات ساختماني را تضمين كرده و حتي مي توانند از طريق تعيين دقيق مقاومت خاك و نوع زمين تأثير زيادي در بهينه كردن و جلوگيري از افزايش هزينه ها در موارد غيرضروري داشته باشند.

- سعي كنيد شركت انجام دهنده بررسي ها را از ميان شركت هاي معتبر انتخاب كنيد و مراقب باشيد كه بررسي ها به طور كامل و دقيق انجام شده و صوري برگزار نشود.
- حتماً بايد فرد متخصصي از شركت در هنگام حفاري ها و انجام آزمايش هاي محلي حاضر باشد و شرايط حفاري، آزمايشهاي محلي و نمونه برداري را كنترل كند. بعد از انجام آزمايش هاي آزمايشگاهي شركت بايد گزارش بررسيها را تهيه و ارائه كند.
- دقت كنيد كه گزارش به طور كامل تهيه شده باشد و در صورت لزوم گزارش را جهت كنترل به فردي متخصص ارائه دهيد و رفع نواقص آن را از شركت بخواهيد. به ويژه بايد توصيههاي كاملي در مورد انجام گودبرداري و حفاظت گود از ارائه شده باشد. به خاطر داشته باشيد كه هرگونه نقص در اين قسمت ميتواند مخارج زيادي را در جريان گودبرداري به شما تحميل كرده و يا باعث ريزش گود و ايجاد خسارت شود. مهندس محاسب ساختمان بايد اين گزارش را در طراحي پي و نحوه گودبرداري مورد استفاده قرار دهد. بنابراين از وي بخواهيد كه در حد موارد استفاده خود از گزارش، كيفيت و محتويات آن را كنترل كند و در صورتيكه اشكال يا ابهامي به نظر وي رسيد جهت برطرف كردن به شركت مكانيك خاك اعلام كند. بنابراين بهتر است تصفيه حساب با شركت مكانيك خاك را به كنترل كيفيت آن توسط مهندس محاسب، مأمورين كنترل شهرداري و يا متخصصين ديگر موكول كنيد.
- بايد توجه شود گاه قسمتهاي ضعيفي در خاك وجود دارند كه با حفر گمانهها به خوبي وجود آنها مشخص نمي شود.

تغييرات ضخامت خاك دستي و يا نهرها و مسيل هاي پر شده از اين دسته هستند. در اين گونه موارد بررسي عكسهاي هوايي قديمي كه پستي و بلندي ها يا مسيل هاي قديمي را نشان مي دهند مي تواند در شناسايي قسمت هاي ضعيف مؤثر باشد. همچنين نظارت يا كنترل يك زمينشناس يا متخصص خاك بعد از عمليات گودبرداري و ترجيحاً در زمان گودبرداري براي تشخيص اين نقاط ضعف مؤثر خواهد بود.