دانشگاه یزد

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی عمران

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران-سازه

بررسی رفتار غیر خطی فونداسیون های خورجینی تحت بارهای چرخه ای

استاد راهنما:

دکتر محمد فروغی

استاد مشاور:

دکتر رضا مرشد

پژوهش و نگارش:

محمد رضا شریفیا

اسفند ماه ۱۳۹۰

چکیده:

در بسیاری از موارد جهت مقاوم‌سازی ساختمانهای موجود مصالح بنایی، افزودن قاب یا قاب هایی به سازه به عنوان راه کاری مناسب انتخاب می شود و یا بعضا ممکن است ستون‌هایی به سازه موجود اضافه گردد. در این شرایط عموما با دیوارهای سازه‌ای و یا حداقل دیوارهای حائلی در زیرزمین مواجه هستیم که فونداسیون‌های جدید عملا بایستی از زیر آن‌ها عبور کند. از آن‌جا که این دیوارها به طرق مختلف تحت بار ثقلی و یا جانبی ناشی از فشار خاک قرار دارند، عملا گزینه تخریب دیوار و بازسازی پس از اجرای فونداسیون‌های جدید منتفی است و لزوما می‌بایست با نگهداری دیوارهای موجود به اجرای فونداسیون‌های جدید پرداخت. هم اکنون گزینه‌هایی برای اجرای تدریجی فونداسیون‌ها در شرایط موجود وجود دارد که علیرغم سختی اجرا و هزینه‌های بالا از کیفیت چندان خوبی نیز برخوردار نیستند.گزینه فونداسیون خورجینی که اولین بار توسط فروغی مطرح گردید، ضمن مرتفع نمودن موانع و مشکلات موجود، به علت کاهش نیاز به شمع بندی زیر سقف، سهولت و کیفیت بالای اجرا، یکپارچه اجرا شدن کل فونداسیون، هزینه اجرای کمتر و ایمنی بالاتر حین اجرا، نسبت به روش های مرسوم از ارجحیت برخوردار است. این نوع فونداسیون بصورت دو نوار در طرفین دیوار اجرا می شود. این نوارها در محل ستون ها توسط قطعات اتصالی به یکدیگر متصل می گردند. بارهای وارده به ستون ها توسط این قطعات اتصالی به نوارهای طرفین انتقال می یابد. نتایج حاصله از این پایان‌نامه حاکی از این است که تحت شرایط بارگذاری ثقلی و جانبی (سیکلی)، این فونداسیون‌ها از عملکرد مقبولی برخوردارند و در مجموع توزیع تنش ها و جابجایی ها در فونداسیون و خاک زیر آن از توزیع مناسبی برخوردار است.

واژه های کلیدی: : فونداسیون نواری، فونداسیون خورجینی، مقاوم‌سازی، سازه های بنایی، بارگذاری سیکلی.

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه:

پهنه ایران از مناطق لرزه خیز جهان بوده و شاهد آن زلزله های متعددی می باشد که هر از چندگاه این خطه عزیز و تاریخی را در هم کوبیده است. در دهه های اخیر زلزله های قدرتمندی در مناطقی همچون بوئین زهرا، طبس، رودبار و منجیل، بجنورد، قزوین، بم و ... کشور پهناور ایران را مورد تهاجم قرار داده و حاصل آن کشته و زخمی شدن تعدادی از هموطنان و همچنین تخریب بسیاری از مستحدثات دولتی و غیر دولتی بوده است در رابطه با مرگ و میر آمارهای جهانی نیز تاییدی بر این روال داشته و نشان می دهد بطور متوسط در هر هفته ۱۳۰۰ نفر بر اثر حوادث طبیعی کشته می شوند که ۹۸ درصد این رقم مربوط به کشورهای در حال توسعه می باشد. تحلیل گزارشات حوادث طبیعی داخلی و جهانی، بخصوص در امر زلزله نشان می دهد که نحوه تعامل و حل بحران ها با سطح توسعه یافتگی وجود زیر ساخت های یک کشور رابطه مستقیم دارد. این موضوع بدین معنی است که هرچه سرمایه گذاری بیشتری برای توسعه و بهبود زیر ساخت ها و مستحدثات یک کشور صورت پذیرد، تبعات منفی حوادث و سوانح بخصوص زلزله به حداقل می رسد. از آنجایی که اثر مستقیم خسارات زلزله در وهله اول بصورت خسارات فیزیکی و کالبدی رخ نمود پیدا می کند، مسلما نقش مقاومت و عملکرد سازه ها در کاهش یا افزایش این شاخص نقش کلیدی پیدا می نماید.

همانگونه که روند توسعه یافتگی و رابطه آن با خسارات فیزیکی نشان داده است، استفاده از مصالح نوین و مقاوم در کاهش اثرات مستقیم خسارات فیزیکی نقش اساسی از خود ایفا می کند. ولیکن از آنجاییکه کشور ایران با توجه به ساختار فرهنگی و مشکلات توسعه یافتگی هنوز نتوانسته است از مصالح جایگزین بصورت کامل در سطح شهرها و روستاهای خود بهره مند شود و مهمتر از آن به دلایل اقلیمی، مصالح بنایی جایگاه بسیار ویژه در صنعت ساخت و ساز کشور دارد و به دلایل گوناگون تصور می رود که همواره این مصالح جایگاه خود را در قالب های مختلف حفظ نماید. لذا لزوم نگاه دقیقتر به رفتار چنین مصالحی به عنوان المانهای سازه ای و رفتار سنجی و طراحی مناسب این نوع مستحدثات امری ضروری به نظر می رسد. از یک سو توجه به

لرزه‌خیزی کشور عزیزمان و از سوی دیگر نقش اساسی و کلیدی ساختمانهای بنایی در فرهنگ ساخت و ساز این پهنه کهن، باعث گشته که این نیاز همواره برای دست‌اندرکاران امر مهندسی سازه و زلزله در کشور بصورت جدی مطرح بوده و باشد[۱].

طبق آیین‌نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ساختمان با مصالح بنایی به ساختمانی اطلاق می‌گردد که با آجر، بلوک سیمانی و یا سنگ ساخته شده باشند و در آن تمام یا قسمتی از بارهای قائم توسط دیوارهای با مصالح بنایی تحمل گردد، بنابراین ساختمانی که در آن قسمتی از بارهای قائم توسط دیوارهای با مصالح بنایی و قسمتی دیگر توسط عناصر فلزی یا بتن مسلح تحمل شود نیز از ساختمانهای با مصالح بنایی محسوب می گردد[۲].

عموما ساختمان‌های بنایی بسته به مصالحی که در آن به کار رفته است انواع مختلفی دارند؛ سنگی، خشتی، آجری، ساخته شده از بلوک های سفالی یا بتنی. این تقسیم‌بندی تا حدی تابع محل ساختمان‌سازی است. همچنین با توجه به زمان ساختمان‌سازی و کاربری آن می‌تواند به سیستمهای سازه‌ای ذیل تقسیم‌بندی شوند[۳].

۱-۲- ساختمان‌های بنایی غیر مسلح:

این نوع معمول‌ترین و قدیمی‌ترین ساختمان در کشور و سایر نقاط جهان است که با توجه به کیفیت مصالح و اجرا، خود به دو دسته شهری و روستایی تقسیم می‌شود. مصالح عمده ای که در ساختمان‌های بنایی در روستا مصرف می شود. خشت خام، سنگ یا مصالح رودخانه ای و یا شکسته شده از معادن می‌باشد که با ملات گل در ساخت دیوارها به کار می‌رود.در ساختمان‌های شهری دیوارها از آجر فشاری یا بلوک‌های بتنی همراه با ملات ماسه سیمان، و سقف‌ها از تیر آهن و طاق ضربی یا تیرچه بلوک و گاهی نیز چوب بنا می‌شود[۱].

۱-۳- ساختمان های بنایی کلاف دار:

در این دسته از ساختمان های بنایی برای بهبود رفتار در مقابل زمین لرزه از اجزای بتنی، فولادی ویا چوبی به صورت کلاف های افقی در محل سقف و در زیر دیوار، و قائم در میان آناستفاده می شود که موجب افزایش نسبی مقاومت دیوار می گردد. استفاده از این نوع ساختمان در آیین نامه های طرح لرزه ای برای مناطق لرزه خیز مورد تاکید است[۱].

۱-۴- ساختمان های بنایی مسلح:

در این ساختمان ها برای مقابله با حالت های محتمل شکست (خمشی و برشی) در دیوارها از عناصر تسلیح کننده استفاده می شود. تعبیه کلاف های فوقانی و تحتانی به تنهایی برای جلوگیری از شکست برشی خمشی کافی نمی باشد. میلگردهای قائم برای تحمل تنش های خمشی و میلگردهای افقی برای تحمل تنش های برشی مورد استفاده قرار می گیرد[۱].

۱-۵- انواع فونداسیون‌ها:

یکی از مواردی که باید در مقاوم سازی سازه ها ائم از بنایی، اسکلت فلزی، اسکلت بتنی و .... مورد توجه قرار گیرد و در انتقال نیروهای وارده از سازه به زمین بسیار موثر می باشد، فونداسیون است.

پی ها و شالوده های بتن آرمه در انواع مختلفی به کار می رود که هر کدام برای شرایط به خصوص مناسب تلقی می‌شوند. در این قسمت به طور خلاصه انواع پی‌ها معرفی می‌گردد[۱۳].

۱-۵-۱- پی منفرد:

پی منفرد ساده‌ترین نوع پی محسوب می‌شود که بار یک ستون را به زمین منتقل می‌کند. این پی غالبا با پلان مربعی ساخته می‌شود. اگرچه در شرایط خاص از قبیل وجود محدودیت‌ها و موانع در اطراف ستون، ممکن است به شکل مستطیل یا دایره ای نیز به کار رود. انواع پی منفرد به صورت تخت (با ضخامت ثابت)، پله‌ای، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مزیت پی منفرد شیبدار نسبت به پی منفرد تخت، تامین ظرفیت برشی بیشتر در اطراف ستون و نیز تامین ضخامت کافی

جهت مهار میلگردهای طولی ستون است. بدون اینکه در کناره‌های پی از بتن اضافی استفاده شده باشد. با این وجود قالب‌بندی و اجرای پی منفرد شیبدار چندان ساده نیست. از این جهت ممکن است پی منفرد پله‌ای ضمن تامین مزیت‌های پی شیبدار، گزینه مطلوب‌تری تلقی گردد[۱۳].

۱-۵-۲- پی مرکب:

در مواردی که ممکن است فاصله دو ستون مجاور آن قدر به هم نزدیک باشد، و یا بارهای وارد بر دو ستون مجاور آن قدر زیاد باشد، که پی‌های منفرد طراحی شده برای هریک از دو ستون در یک‌دیگر تداخل کنند. در این موارد ناچار باید برای انتقال بار از یک پی برای هر دو ستون استفاده کرد. این پی، پی مرکب یا پی دو ستون نامیده می‌شود.

دلیل دیگری نیز برای استفاده از پی مرکب وجود دارد. اگر ستون کناری یک ساختمان در کنار حریم زمین واقع شده و امکان قرار دادن قسمتی از پی منفرد در زمین مجاور فراهم نباشد، استفاده از پی منفردی که ستون در کنار آن واقع شده باشد، منجر به ایجاد خروج از مرکزیت زیاد در بارها شده و توزیع تنش در زیر پی را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این موارد باید به ناچار از یک پی مرکب برای انتقال بارهای ستون کناری و ستون میانی مجاور استفاده نمود، تا توزیع یکنواخت تنش در زیر پی فراهم شود[۱۳].

۱-۵-۳- پی باسکولی:

پی باسکولی یا پی کنسولی که به نام پی تسمه نیز خوانده می‌شود. در حقیقت یک نوع پی مرکب است که بار دو ستون مجاور را به زمین انتقال می‌دهد. با این تفاوت که در زیر هر ستون، یک پی جداگانه قرار گرفته است. و عملکرد این دو پی به وسیله یک تیر رابط قوی که همچون یک تسمه مستحکم به آن دو متصل است، همساز شده و توزیع تنش یکنواختی در زیر آنها برقرار می‌گردد. دلیل استفاده از پی باسکولی به جای انواع متداول پی مرکب، معمولا فاصله نسبتا زیاد دو ستون مجاور است، به طوری که استفاده از پی مرکب با پلان مستطیلی، ذوزنقه ای و یا T شکل، ممکن است به مصرف بیش از حد و غیر ضروری بتن و میلگرد منجر شود. معمولا در

اجرای پی باسکولی، سعی می‌شود که تنش قابل ملاحظه‌ای در زیر تیر رابط ایجاد نشود. این مساله با بالاتر اجرا کردن تیر رابط نسبت به تراز کف پی، و با قرار دادن مصالح نرم و انعطاف‌پذیر در زیر تیر رابط امکان پذیر می‌گردد[۱۳].

۱-۵-۴- پی سراسری یا نواری:

اگر مقاومت خاک زیر سازه کم باشد، و یا بارهای انتقالی از سازه به زمین بسیار زیاد باشد، ممکن است پی‌های منفرد در زیر ستون‌های یک راستا با هم تداخل کنند. در این حالت برای انتقال بار تمام ستون‌های یک راستا با هم تداخل کنند. در این حالت برای انتقال بار تمام ستون‌های آن راستا به زمین، از یک پی سراسری یا نواری استفاده می‌شود. چنانچه نوارهای موازی نزدیک به هم قرار گیرد، می‌توان در زیر کل سازه از نوارهایی در دو جهت متعامد استفاده کرد.به این پی شالوده شبکه‌ای یا مشبک می‌گویند. لازم به ذکر است، که از پی نواری و به خصوص شالوده شبکه‌ای، به منظور همسان کردن نشست پی و کم کردن نشست‌های نامساوی در سازه‌هایی که تحت بارهای زیاد قرار گرفته‌اند و یا نسبت به نشست‌های نامساوی حساسیت ویژه دارند، نیز استفاده می‌شود[۱۳].

۱-۵-۵- شالوده‌های گسترده:

در حالتی که تنش مجاز خاک کم باشد، و یا بارهای انتقالی از سازه به زمین بسیار زیاد باشد. ممکن است استفاده از پی سراسری کفایت ننموده و از طرفی استفاده از شالوده شبکه‌ای نیز منجر به کاهش حجم قابل توجه بتن در مقایسه با بتن‌ریزی کامل در زیر سازه نگردد. در این موارد از یک شالوده گسترده یا حصیری استفاده می‌شود. استفاده از شالوده گسترده از این مزیت نیز برخوردار است که نشست خاک زیر پی به حداقل ممکن تقلیل یافته و از طرفی نشست‌های نامساوی کاملا محدود می‌شود. لازم به ذکر است که ضخامت شالوده گسترده غالبا مقدار قابل توجهی بوده و به همین جهت بتن این شالوده بتن حجیم محسوب می‌شود. بنابراین ضروری است در طرح اجزای این بتن و نیز در هنگام بتن‌ریزی، به مسائل ویژه بتن‌ریزی حجیم جهت کاهش تنش‌های حرارتی توجه نمود. در این ارتباط استفاده از سیمان‌های کم حرارت نظیر سیمان نوع IV ، V و II و نیز سرد کردن آب مصرفی و مصالح بتن حائز اهمیت خواهد بود[۱۳].

۱-۵-۶- شالوده‌های عمیق:

در مواردی که خاک‌های سطحی از مقاومت قابل قبولی برخوردار نباشند و یا بارهای بسیار سنگین از سازه به زمین منتقل شود. بارهای سازه از طریق شالوده‌های عمیق به اعماق زمین انتقال می‌یابد. از انواع متداول شالوده‌های عمیق، شمع‌ها هستند که معمولا بطور گروهی در زیر یک قسمت سازه و یا مثلا در زیر یک پایه پل به کار می‌روند. در این موارد غالبا به جهت توزیع مناسب بارهای قائم . افقی بین شمع‌ها و نیز گسترش لنگر واژگونی به همه شمع‌های یک گروه، از یک صفحه بتن‌آرمه در روی گروه شمع‌ها به نام کلاهک شمع و یا سرشمعی استفاده می‌شود[۱۳].

۱-۵-۷- پی دیوار:

پی دیوار یک پی نواری است که در زیر دیوار قرار می‌گیرد. این پی ممکن است در زیر یک دیوار آجری و یا یک دیوار پیش ساخته بتن آرمه قرار گیرد، معمولا در آن پاشنه مناسب جهت قرار دادن دیوار و اتصال به آن پیش بینی می‌شود[۱۳].

پی‌ها نیروهای افقی و قائم را از سازه به زمین منتقل می کنند. در طراحی مقاوم ساختمان های بنایی در برابر زلزله، زیر سازه ها (شامل پی و کرسی ها) باید با توجه به ظرفیت باربری خاک، نیروها را بطور یکنواخت در زمین توزیع نمایند. البته هنگام انتخاب محل از نظر زمین لغزش یا روانگرایی، ضعفی نداشته باشد. پی ساختمان های بنایی باید شامل فونداسیون های نواری متصل به هم باشد و طراحی آن بر اساس روش های رایج صورت گیرد. عمق نوارها باید بیشتر از عمق یخبندان و پایین تر از ترک های جمع شدگی در خاک های رسی انتخاب گردد. به هر حال تمام پی های ساختمان باید در یک تراز افقی قرار گیرد.

پی ها می توانند از بتن مسلح یا غیر مسلح با حداقل درجه بتن C5 ساخته شوند[۳]. این درحالی است که با توجه به وضعیت نامناسب تهیه و اجرای بتن ریزی در ایران، مقاومت فشاری کمتر از ۲۵ مگاپاسکال برای مناطق با خطر لرزه خیزی کم و متوسط، و کمتر از ۳۰ مگا پاسکال را برای مناطق با لرزه خیزی زیاد توصیه نمی شود. در زمین های با وضعیت خاک نامناسب، سطح

آب زیرزمینی بالا و مواردی مشابه آن، باید تمهیدات ویژه‌ای در طراحی و اجرا در نظر گرفته شود.

آیین نامه AIJ (Architectural Institute of Japan) استفاده از پایه های صلب گسترده را برای پی الزامی می داند[۱].

یکی از مواردی که در تقویت سازه‌های بنایی غیرمسلح مذکور مورد توجه قرار می‌گیرد، افزودن قاب یا قاب هایی به سازه، با حفظ دیوار موجود در بین آن‌ها، می‌باشد. عموما در این موارد با دیوارهای سازه‌ای و یا دیوارهای حائلی (در قسمت زیرزمین) مواجه می‌شویم که فونداسیون‌های جدید بایستی از زیر آن دیوارها عبور کنند و از آنجا که این دیوارها به طرق مختلف تحت بارثقلی و جانبی قرار دارند عملا تخریب و بازسازی این دیوارها پس از اجرای فونداسیون‌ها غیرممکن می‌باشد و لزوما بایستی با حفظ دیوارهای موجود به اجرای فونداسیون‌ها پرداخت[۴] .

در این پایان نامه به مقایسه تنش ها و جابجایی های نقاط مختلف فونداسیون نواری معمولی وفونداسیون خورجینی در دو حالت با حضور دیوار بنایی و بدون حضور دیوار بنایی، تحت بارگذاری سیکلی، در نرم افزار ANSYS پرداخته شده است. برای انجام این مقایسه از نتایج ناشی از بارگذاری سیکلی بر روی قاب‌های فلزی دارای سه طبقه و دو دهانه پنج متری استفاده شده است. حالات مورد بررسی،شامل الف) قابهای مفصلی با اتصال خمشی به فونداسیون.ب) قاب خمشی با اتصال خمشی به فونداسیون.ج) قاب خمشی با اتصال مفصلی به فونداسیون. د)قاب مفصلی با مهار بندی همگرا و اتصال مفصلی به فونداسیون می باشد.شکل۲-۹.

فصل دوم:

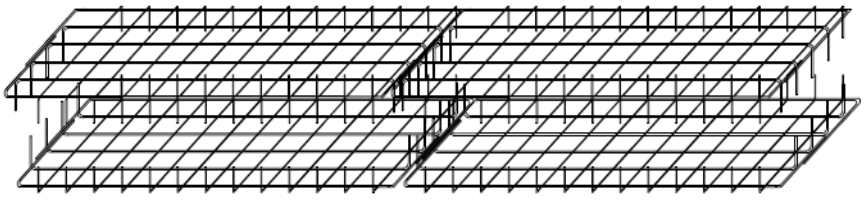
مطالعه فونداسیون خورجینی

۲-۱- مقدمه:

در این فصل مفاهیم مختلفی را که آشنایی با آنها در فهم بهتر این پایان نامه مفید است مورد بررسی قرار می گیرد. در ابتدا روش های مرسوم برای مقاوم سازی فونداسیون ساختمان هایی که قاب ویا قاب هایی به سیستم اضافه می گردد، به گونه ای که در محور قاب، دیوار موجود برای اجرای فونداسیون نواری معمولی مزاحمت ایجاد می کند، بیان می شود. در قسمت بعدی به معرفی فونداسیون خورجینی و چگونگی اجرای آن در قاب های مذکور پرداخته شده است. سپس با مدل سازی قاب هایی یکسان بر روی فونداسیون های مورد اشاره در بالا، در نرم افزار های ETABS و SAFEمقایسه ای از نظر، ابعاد، هزینه، ایمنی، سرعت، کیفیت اجرا و ... در این دو فونداسیون انجام گرفته است.

۲-۲-روش اجرای تدریجی و گام به گام در فونداسیون نواری معمولی:

در این روش، پس از شمع‌زنی زیر سقف‌ها و آزادسازی دیوار از زیر بار سقف، در ابتدا و انتهای دیوار واقع در محل ستون‌ها، درفواصلی مناسب و در طول‌های کوتاه، زیر دیوار را حفاری نموده (حداکثر طول این حفاری یک متر و عرض و عمق آن محاسباتی می‌باشد) و پس از زیرسازی، اقدام به ریختن بتن مگر می‌شود، آرماتورهای محاسباتی در بیرون از فونداسیون به هم بسته شده ودر زیر دیوار جایگذاری می‌گردند. بتن این نواحی بگونه‌ای ریخته می‌شود که ابتدا و انتهای میلگردها عاری از بتن باشد تا در مرحله بعد این میلگردها به میلگردهای قسمت کناری وصله جوشی گردند. شکل۲-۱.[۵]

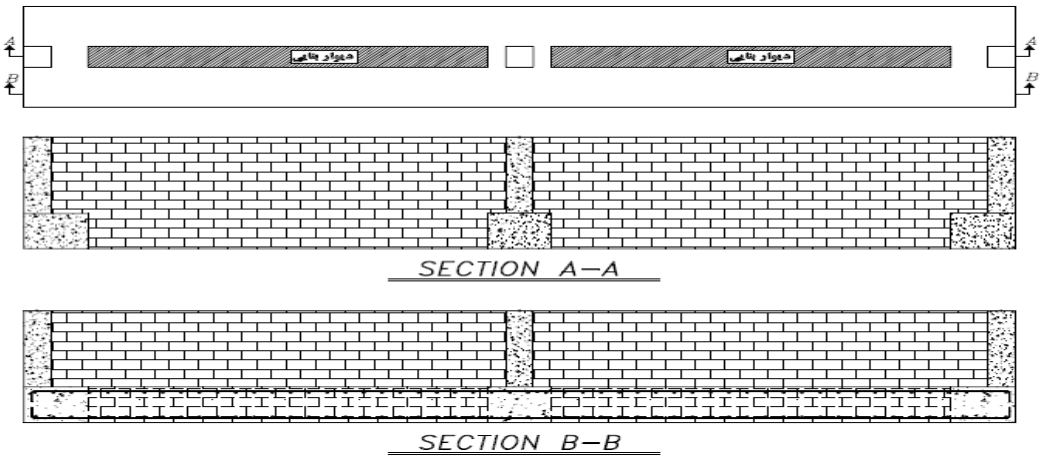


شکل ۲-۱-نحوه آرماتور بندی فونداسیون‌های نواری در زیر دیوارهای بنایی مقاوم سازی شده و وصله آن‌ها به وسیله جوشکاری میلگردهای طولی

شایان ذکر است جهت درگیری و گیرش بیشتر، سطح تراز بتن فونداسیون کمی بالاتر از تراز زیر دیوار اجرا می‌گردد، تا پس از گیرش با دیوار درگیر بماند و یا این‌که به اندازه کافی برای اجرای حداقل یک رج آجر که با فشار در زیر دیوار نصب گردد، فاصله خالی گذاشته شده و پس از گیرش بتن، زیر دیوار پرشده و رج آخر را گازکوب می کنند [۶]. پس از این مرحله و اطمینان کافی از باربری این قسمتها، در قسمت مجاور به همان اندازه زیر دیوار را خالی کرده، عملیات قبل تکرار می‌گردد و این عملیات تا اجرای کامل فونداسیون در زیر دیوار ادامه می‌یابد.

۲-۳- روش اجرای فونداسیون خورجینی:

روش دیگری که توسط فروغی در سالهای اخیر ارائه گردیده[۴و۷] ، بدین گونه است که به جای اجرای فونداسیون در زیر دیوار سازه‌ای به گونه‌ای که در بالا شرح داده شد، فونداسیون محاسباتی در دوطرف دیوار اجرا شده و سپس این فونداسیون در محل ستون‌ها به هم متصل می‌گردد.شکل۲-۲. این روش دارای محاسن زیادی نسبت به روش اول بوده که در این پایان نامه به مدل‌سازی و مقایسه این دو فونداسیون (نواری و خورجینی)، از نظر هزینه ، ایمنی ، سرعت ، کیفیت اجرا و ... پرداخته شده است[۵].



شکل۲-۲- نحوه اجرا و میلگردگذاری فونداسیون خورجینی

اینک به مراحل اجرای فونداسیون خورجینی اشاره می‌گردد:

بعد از انجام گمانه‌زنی در مجاورت دیواری که قرار است فونداسیون خورجینی در اطراف آن اجرا گردد، به منظور شناخت جنس خاک و تراز زیر دیوار با توجه به عملیات طراحی،

ضخامت فونداسیون می‌تواند بیشتر از آن قسمت از دیوار که در خاک قرار دارد نیز بشود، که بهتر است در این موارد برای جلوگیری از هر گونه نشست احتمالی اقدام به عملیات شمع‌گذاری در دو طرف دیوار شود. شکل۲-۳[۴].

شکل۲-۳- اجرای عملیات پی کنی به منظور اجرای فونداسیون خورجینی[۴]

سپس در یک طرف دیوار اقدام به خاک‌برداری تا تراز مورد نظر و برش دیوار در مواضع پیش‌بینی شده برای استقرار ستون‌ها و اتصال دو قطعه فونداسیون طرفین به هم می‌پردازیم. سپس عملیات زیرسازی این قسمت انجام و پس از نصب تورسیمی بر بدنه شفته زیر دیوار و اجرای سیمان‌کاری این جداره و جداره دیوار تا تراز روی فونداسیون و نصب نایلون بر جداره‌های دیگر خالی و قرار دادن حدود ۱۰ سانتی‌متر از سر نایلون بر کف زیرسازی شده، اقدام به ریختن بتن مگر می‌نمائیم.در این حالت سر نایلون در زیر بتن مگر گیر افتاده، مانع از کشیده شدن آن به درون بتن می‌گردد. و چون در موقع نصب نایلون به جداره در فواصل نزدیک نایلون را با میخ‌هایی که از قطعات کوچک مقوایی گذشته بودند، به دیواره خاکی نصب می‌کنیم تا از خطر نفوذ نایلون به درون بتن در زمان بتن‌ریزی و ویبره‌زنی و در نتیجه ایجاد ناپیوستگی در بتن منتفی گردد.[۴]

پس از اجرای بتن مگر در این قسمت، اقدام به گودبرداری و انجام سایر عملیات بطور مشابه، در طرف دیگر می نمائیم شکل۲-۴. پس از تکمیل بتن مگر مجموعه اقدام به آرماتوربندی و نصب صفحات پای ستون با دقت و کیفیت مطلوب می نمائیم.شکل۲-۵. بتن ریزی مجموعه فونداسیون را انجام داده شکل ۲-۶. و پس از گیرش بتن عملیات سوراخ کردن سقف‌ها و برش دیوارها برای امکان عبور ستون ها از سقف و دیوار، وسپس عملیات نصب ستون‌ها و ادامه عملیات مقاوم سازی صورت می‌پذیرد شکل۲-۷[۴].

لازم به ذکر است که در طرح برای ادامه عملیات مقاوم سازی کلی بنا و ایجاد یک شبکه بهم پیوسته کلاف خورجینی در کل بنا، سیستم فونداسیون خورجینی برای محدوده دیوارها، و شناژ معمولی برای سایر مواضع (مواضع میانی) پیشنهاد می‌گردد.

شکل۲-۴- نحوه اجرای بتن مگر و تخریب دیوار در محل های تعیین شده به منظور اجرای ستون [۴]

شکل۲-۵-نحوه اجرای میلگرد گذاری و قرار گیری صفحه ستون در فونداسیون خورجینی [۴]

شکل۲-۶ نحوه اجرای بتن ریزی در فونداسیون خورجینی[۴]

شکل۲-۷ نحوه اجرای ستون در میانه دیوار بنایی و بر روی فونداسیون خورجینی[۴]

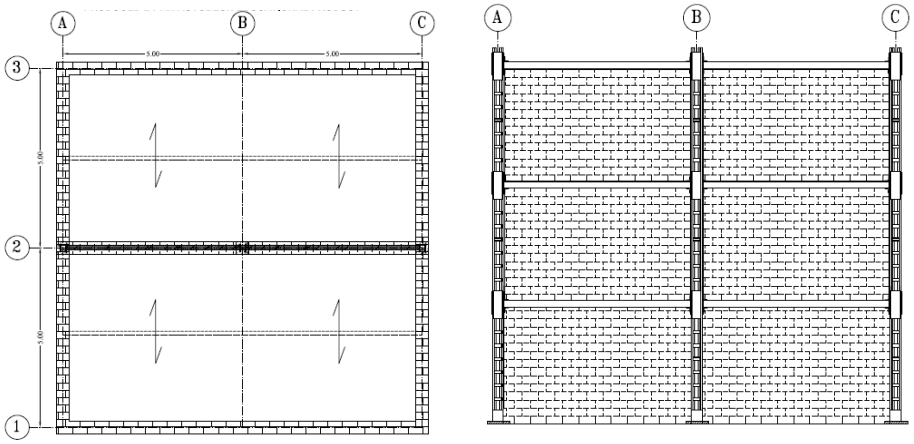
۲-۴- مدل‌سازی فونداسیون‌ها:

با توجه به مطالب بالا و اهمیت فونداسیون خورجینی در مقاوم‌سازی سازه‌های بنایی، بر آن شدیم تا مقایسه‌ای اجمالی بین این فونداسیون و فونداسیون نواری از لحاظ هزینه‌های اجرایی و مصالح مصرفی و میزان ایمنی و ... انجام دهیم.

۲-۴-۱- مدل سازی قاب در برنامه ETABS:

به منظور مدل سازی فونداسیون‌ها ابتدا قابی فولادی، افزوده شده به یک سازه بنایی مقاوم سازی شده در شهر یزد، در نرم افزار ETABS مدل گردید. با توجه به اینکه حداکثر تعداد طبقات سازه‌های بنایی معمول در ایران سه طبقه می‌باشد، بنابراین قاب مذکور، سه طبقه به ارتفاع سه متر و دارای دو دهانه پنج متری می‌باشد. بدین گونه که دیوار در طبقه همکف بار خود را بصورت خطی بر کف وارد، و دیوارهای مشابه در طبقات، بار ثقلی خود را بر قاب فولادی اضافه شده به سازه، وارد می نماید. پلان سازه به گونه‌ای است که بار سقف نیز که از نوع تیرچه و بلوک سفالی باشد، به قاب فلزی وارد می‌گردد.شکل۲-۸. بارگذاری ثقلی بر اساس آیین‌نامه بارگذاری ایران مبحث ششم و بارگذاری جانبی وارد بر سازه بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران و بصورت استاتیکی معادل به سازه وارد شده است. در ضمن فرض بر این است که ستون‌های اضافه شده در

موقع مقاوم‌سازی بنا، در محل دیوارها بصورت کامل از دیوار بنایی جدا گردیده و هیچگونه اندرکنشی بین دیوار و سازه وجود ندارد.



شکل۲-۸-نمای دیوار مقاوم سازی شده توسط یک قاب فولادی

بارهای وارده به سازه به شرح ذیل می باشد:

وزن واحد سقف بام:$610Kg/m^2$

وزن واحدسقف طبقات $520Kg/m^2$

بار معادل تیغه گذاری:$120Kg/m^2$

بار زنده بام:$150Kg/m^2$

بار زنده طبقات :$200Kg/m^2$

بار دیوارهای بنایی:$720Kg/m^2$

قاب‌های مدل‌سازی شده شامل قاب مفصلی فولادی با اتصال گیردار به فونداسیون، قاب خمشی متوسط فولادی،قاب خمشی متوسط فولادی با اتصال ساده به فونداسیون، قاب مفصلی فولادی با مهاربندی همگرا می‌باشد. شکل۲-۸.