

دانشگاه یزد
دانشکده فنی و مهندسی
گروه عمران

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی عمران - مکانیک خاک و پی

بهینه‌سازی پی‌های منفرد چسبان

استادان راهنما:
دکتر کاظم برخوردار
دکتر رضا مرشد

استاد مشاور:
دکتر رضا پورحسینی

پژوهش و نگارش:
علی مومن

مهر ماه ۱۳۹۰



تقدیم بہ

مادر عزیزم

اسوہی صبر، ایثار و فداکاری

ہمسفر مہربانم

اسوہی عشق و محبت

شکر و قدردانی

سپاس به درگاه خداوند قادر و متعال که در تمام زندگی یاری دهنده‌ی بندگانش است و سپاس او را که توفیق کسب علم و دانش را نصیب این بنده‌ی حقیر فرمود و دوستانی با محبت را به یاری من فرستاد.

از جمله‌ی این دوستان با محبت اساتید فرزانه جناب آقای دکتر برخورداری و جناب آقای دکتر مرشد که راهنمایی دلسوز برای تمامی دانشجویان می‌باشند کمال شکر را دارم، همچنین از استاد گرامی جناب آقای دکتر پور حسینی که مرا مورد حمایت خود قرار دادند شکر فراوان دارم.

همچنین باده‌ی منت از تمامی اساتید زحمتمش و دوستان عزیزم که مراد انجام این مهم یاری نمودند کمال شکر و قدردانی را دارم.

در خاتمه از محبت‌های خانواده عزیزم و همسر مهربانم که مشوق اصلی من در دوران تحصیل بوده‌اند و مریاری نمودند سپاسگزارم.

چکیده

پی عنصری واسط بین خاک و سازه است که تنش‌های وارده توسط ستون‌ها را در سطحی وسیع‌تر گسترش داده و به زمین منتقل می‌کند. ساده‌ترین نوع پی، پی منفرد می‌باشد که در صورت افزایش بارهای موجود جهت رساندن تنش‌ها به حد تنش مجاز خاک ابعاد این پی‌ها افزایش یافته و نهایتاً به پی‌های گسترده تبدیل می‌شوند. در طراحی پی‌های گسترده معضلاتی همچون تخمین مدول واکنش بستر، معضلات بتن‌ریزی حجیم، حجم بالای بتن‌ریزی و آرماتورگذاری و... وجود دارد. مشکلات و معضلات یاد شده ضرورت استفاده از نوعی پی که این مشکلات را مرتفع نماید، آشکار می‌سازد. یکی از انواع پی که می‌تواند این مشکلات را مرتفع سازد پی منفرد چسبان است. این نوع پی سیستمی مرکب از پی‌های منفرد است که در بخشی از ارتفاع در مقطع تحتانی به یکدیگر متصل شده‌اند. این جدایش پی‌ها در مقطع فوقانی به صورت یک درز اجرایی کوچک است که باعث عدم انتقال ممان بین دو پی مجاور هم خواهد شد و این مسأله منجر به حذف آرماتورهای فوقانی پی که قسمت اعظم آرماتورها را تشکیل می‌دهد، خواهد شد. پیوستگی قسمت تحتانی پی نقش شناژ را بین پی‌های منفرد ایفا می‌کند که باعث یکپارچگی پی‌ها، یکنواختی تنش‌های وارده و کنترل نشست‌های نسبی می‌شود. در اجرا یک سفره آرماتور برابر با مقدار آرماتور مورد نیاز برای پی منفرد در کف پی‌ها به صورت یکپارچه قرار داده می‌شود. هدف بهینه‌سازی ابعاد و مصالح مصرفی پی با افزایش فاصله‌ی درز اجرایی پی‌های منفرد، به دست آوردن فاصله‌ی مناسب جهت این درز و مقایسه اقتصادی بین پی‌های گسترده، منفرد چسبان و منفرد چسبان با عرض زیاد در دو ساختمان بادبندی و خمشی می‌باشد. برای دستیابی به بهترین فاصله‌ی این درز با استفاده از نرم‌افزار PLAXIS 2D V8.2 و با استفاده از مدل موهر – کولمب مناسب‌ترین فاصله به دست آمد و با توجه به فاصله‌ی مناسب به دست آمده و ترسیم دیاگرام‌های مربوطه محاسبات سازه ای انجام شده و مقایسه‌هایی بین نتایج به دست آمده صورت پذیرفت که با توجه به این نتایج پی منفرد چسبان با عرض زیاد نسبت به سایر پی‌های گسترده برتری نشان داد.

کلید واژه‌ها: پی منفرد چسبان، پی منفرد چسبان با عرض زیاد، نرم‌افزار PLAXIS، بهینه‌سازی ابعادی و

فهرست مطالب

	عنوان	صفحه
۱	فصل اول - مقدمه	
۳	۱-۱- مقدمه	
۵	فصل دوم - کلیاتی در مورد پی‌ها	
۷	۱-۲- مقدمه	
۷	۲-۲- بیان مسأله	
۷	۳-۲- اهداف	
۸	۴-۲- انواع پی و شالوده	
۸	۱-۴-۲- پی منفرد	
۹	۲-۴-۲- پی مرکب	
۱۰	۳-۴-۲- پی باسکولی	
۱۱	۴-۴-۲- پی نواری	
۱۱	۵-۴-۲- پی شبکه‌ای	
۱۲	۶-۴-۲- پی دیوار	
۱۲	۷-۴-۲- شالوده گسترده	
۱۴	۸-۴-۲- شالوده‌های گسترده خاص	
۱۴	۹-۴-۲- شالوده‌های عمیق	
۱۵	۱۰-۴-۲- شالوده‌های واقع بر بستر سنگی	
۱۷	فصل سوم - مروری بر مطالعات گذشته	
۱۹	۱-۳- مقدمه	
۱۹	۲-۳- معرفی پی‌های منفرد چسبان	
۲۰	۳-۳- مدلسازی و آنالیز پی‌های منفرد چسبان	
۲۱	۴-۳- مطالعات گذشته	
۲۵	فصل چهارم - مطالعات پارامتریک	
۲۷	۱-۴- مقدمه	
۲۷	۲-۴- معرفی پروژه‌ی مورد بررسی	
۲۸	۳-۴- پیش‌فرض‌ها و اطلاعات اولیه	
۲۸	۴-۴- داده‌ها و پارامترهای ورودی	
۲۹	۱-۴-۴- زاویه‌ی اصطکاک داخلی (ϕ)	
۲۹	۲-۴-۴- چسبندگی (C)	

۲۹	۳-۴-۴- زاویه‌ی اتساع (ψ)
۲۹	۴-۴-۴- ضریب الاستیک خاک (E_s)
۳۰	۵-۴-۴- چگالی خاک (γ)
۳۱	۶-۴-۴- نسبت پواسون (ν)
۳۱	۷-۴-۴- خواص بتن و فولاد
۳۲	۵-۴- بررسی پروژه‌ی مورد بررسی
۳۲	۱-۵-۴- ساختمان بادبندی
۴۷	۲-۵-۴- ساختمان خمشی
۵۷	فصل پنجم - بررسی نتایج
۵۹	۱-۵- مقدمه
۵۹	۲-۵- مقایسه‌ی نتایج
۵۹	۱-۲-۵- ساختمان بادبندی
۶۷	۲-۲-۵- ساختمان خمشی
۷۲	۳-۵- محاسبات
۷۲	۱-۳-۵- ساختمان بادبندی
۷۲	۱-۱-۳-۵- دال ساده
۷۳	۲-۱-۳-۵- پی منفرد چسبان
۷۳	۳-۱-۳-۵- پی منفرد چسبان با عرض زیاد
۷۴	۲-۳-۵- ساختمان خمشی
۷۴	۱-۲-۳-۵- دال ساده
۷۵	۲-۲-۳-۵- پی منفرد چسبان
۷۵	۳-۲-۳-۵- پی منفرد چسبان با عرض زیاد
۷۶	۴-۵- نتایج محاسبات
۷۶	۱-۴-۵- ساختمان بادبندی
۷۷	۲-۴-۵- ساختمان خمشی
۷۸	۵-۵- احتمال تغییر در نتایج
۷۸	۱-۵-۵- ساختمان بادبندی
۷۹	۲-۵-۵- ساختمان خمشی
۸۱	فصل ششم - نتایج و پیشنهادات
۸۳	۱-۶- مقدمه
۸۳	۲-۶- نتایج
۸۴	۳-۶- پیشنهادات
۸۷	ضمائم

۸۹	ضمیمه‌ی الف- معرفی نرم‌افزار PLAXIS
۹۱	الف-۱- مقدمه
۹۱	الف-۲- معرفی نرم‌افزار
۹۱	الف-۲-۱- نقاط
۹۱	الف-۲-۲- خطوط
۹۲	الف-۲-۳- عرصه‌ها
۹۲	الف-۲-۴- المان‌ها
۹۲	الف-۲-۵- گره‌ها
۹۳	الف-۲-۶- واحدها و علائم قراردادی
۹۵	الف-۲-۷- برنامه‌ی ورودی
۹۹	الف-۲-۷-۱- مدلسازی رفتار خاک
۱۰۱	الف-۲-۸- برنامه‌ی محاسبات
۱۰۲	الف-۲-۸-۱- محاسبه‌ی پلاستیک
۱۰۲	الف-۲-۸-۲- تحلیل تحکیم یافتگی
۱۰۲	الف-۲-۸-۳- تحلیل اطمینان
۱۰۳	الف-۲-۹- برنامه‌ی خروجی
۱۰۳	الف-۲-۱۰- برنامه‌ی منحنی‌ها
۱۰۵	ضمیمه‌ی ب - دیتیل‌های اجرایی
۱۱۵	منابع و مراجع

فهرست جداول

عنوان	صفحه
فصل سوم - مروری بر مطالعات گذشته	۱۷
۱-۳) مقایسه میزان صرفه‌جویی در آرماتور مصرفی نسبت به پی رادیه بر حسب درصد	۲۲
۲-۳) مقایسه میزان صرفه‌جویی در بتن مصرفی نسبت به پی رادیه بر حسب درصد	۲۲
فصل چهارم - مطالعات پارامتریک	۲۷
۱-۴) تخمین پارامترهای خاک	۳۰
۲-۴) مقادیر ضریب الاستیک و نسبت پواسون خاک	۳۱
۳-۴) پارامترهای مربوط به بتن و فولاد	۳۱
فصل پنجم - بررسی نتایج	۵۷
۱-۵) میزان آرماتور مصرفی در دال ساده	۷۲
۲-۵) میزان آرماتور مصرفی در پی منفرد چسبان	۷۳
۳-۵) میزان آرماتور مصرفی در پی منفرد چسبان با عرض زیاد	۷۳
۴-۵) میزان آرماتور مصرفی در دال ساده	۷۴
۵-۵) میزان آرماتور مصرفی در پی منفرد چسبان	۷۵
۶-۵) میزان آرماتور مصرفی در پی منفرد چسبان با عرض زیاد	۷۵
۷-۵) میزان بتن مصرفی در پی‌ها	۷۶
۸-۵) مقایسه میزان صرفه‌جویی در آرماتور مصرفی نسبت به دال ساده بر حسب درصد	۷۶
۹-۵) مقایسه میزان صرفه‌جویی در بتن مصرفی نسبت به دال ساده بر حسب درصد	۷۶
۱۰-۵) مقایسه تنش‌های به‌وجود آمده در زیر پی بر حسب کیلونیوتن بر متر مربع	۷۷
۱۱-۵) مقایسه میزان صرفه‌جویی در آرماتور مصرفی نسبت به دال ساده بر حسب درصد	۷۷
۱۲-۵) مقایسه تنش‌های به‌وجود آمده در زیر پی بر حسب کیلونیوتن بر متر مربع	۷۸
۱۳-۵) مقادیر لنگر خمشی برای مدول الاستیسیته‌های متفاوت	۷۸
۱۴-۵) مقادیر اختلاف لنگر خمشی با مقدار اولیه بر حسب درصد	۷۸
۱۵-۵) مقادیر لنگر خمشی برای مدول الاستیسیته‌های متفاوت	۷۹
۱۶-۵) مقادیر اختلاف لنگر خمشی با مقدار اولیه بر حسب درصد	۷۹
ضمیمه‌ی الف - معرفی نرم‌افزار PLAXIS	۸۹
الف-۱) واحدهای پایه استاندارد و غیر استاندارد	۹۳
الف-۲) سایر واحدها	۹۴
الف-۳) تقسیم‌بندی زبری	۱۰۱

فهرست اشکال

عنوان

صفحه

۵	فصل دوم - کلیاتی در مورد پی‌ها
۹	شکل ۱-۲) انواع مختلف پی‌های منفرد
۱۰	شکل ۲-۲) انواع مختلف پی‌های مرکب
۱۱	شکل ۳-۲) جزئیات پی باسکولی
۱۱	شکل ۴-۲) پی نواری
۱۲	شکل ۵-۲) پی شبکه‌ای
۱۲	شکل ۶-۲) پی دیوار
۱۳	شکل ۷-۲) انواع مختلف پی‌های گسترده
۱۵	شکل ۸-۲) جزئیات شالوده‌های عمیق
۱۷	فصل سوم - مروری بر مطالعات گذشته
۲۰	شکل ۱-۳) پی منفرد چسبان
۲۵	فصل چهارم - مطالعات پارامتریک
۳۲	شکل ۱-۴) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$
۳۳	شکل ۲-۴) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$
۳۳	شکل ۳-۴) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ex$
۳۴	شکل ۴-۴) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ex$
۳۴	شکل ۵-۴) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ey$
۳۵	شکل ۶-۴) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L + Ey$
۳۵	شکل ۷-۴) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L - Ey$
۳۶	شکل ۸-۴) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$
۳۶	شکل ۹-۴) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$
۳۷	شکل ۱۰-۴) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ex$
۳۷	شکل ۱۱-۴) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ex$
۳۸	شکل ۱۲-۴) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ey$
۳۸	شکل ۱۳-۴) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L + Ey$
۳۹	شکل ۱۴-۴) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L - Ey$
۴۰	شکل ۱۵-۴) جزئیات مدل پی منفرد چسبان با عرض زیاد در نرم‌افزار Plaxis
۴۰	شکل ۱۶-۴) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$
۴۱	شکل ۱۷-۴) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$

- شکل ۴-۱۸) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ex$ (شکل ۴۱)
- شکل ۴-۱۹) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ex$ (شکل ۴۲)
- شکل ۴-۲۰) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ey$ (شکل ۴۲)
- شکل ۴-۲۱) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L + Ey$ (شکل ۴۳)
- شکل ۴-۲۲) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L - Ey$ (شکل ۴۳)
- شکل ۴-۲۳) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ (شکل ۴۴)
- شکل ۴-۲۴) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ (شکل ۴۴)
- شکل ۴-۲۵) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ex$ (شکل ۴۵)
- شکل ۴-۲۶) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ex$ (شکل ۴۵)
- شکل ۴-۲۷) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ey$ (شکل ۴۶)
- شکل ۴-۲۸) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L + Ey$ (شکل ۴۶)
- شکل ۴-۲۹) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L - Ey$ (شکل ۴۷)
- شکل ۴-۳۰) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ (شکل ۴۸)
- شکل ۴-۳۱) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ (شکل ۴۸)
- شکل ۴-۳۲) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm E$ (شکل ۴۹)
- شکل ۴-۳۳) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm E$ (شکل ۴۹)
- شکل ۴-۳۴) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ (شکل ۵۰)
- شکل ۴-۳۵) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ (شکل ۵۰)
- شکل ۴-۳۶) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm E$ (شکل ۵۱)
- شکل ۴-۳۷) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm E$ (شکل ۵۱)
- شکل ۴-۳۸) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ (شکل ۵۲)
- شکل ۴-۳۹) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ (شکل ۵۳)
- شکل ۴-۴۰) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm E$ (شکل ۵۳)
- شکل ۴-۴۱) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm E$ (شکل ۵۴)
- شکل ۴-۴۲) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ (شکل ۵۴)
- شکل ۴-۴۳) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ (شکل ۵۵)
- شکل ۴-۴۴) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm E$ (شکل ۵۵)
- شکل ۴-۴۵) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm E$ (شکل ۵۶)
- فصل پنجم - بررسی نتایج (شکل ۵-۱) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ (شکل ۵۹)
- شکل ۵-۲) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ (شکل ۶۰)
- شکل ۵-۳) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ex$ (شکل ۶۰)
- شکل ۵-۴) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ex$ (شکل ۶۱)

- شکل ۵-۵) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ey$ بار ۶۱
- شکل ۵-۶) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L + Ey$ بار ۶۲
- شکل ۵-۷) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L - Ey$ بار ۶۲
- شکل ۵-۸) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ بار ۶۳
- شکل ۵-۹) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ بار ۶۴
- شکل ۵-۱۰) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ex$ بار ۶۴
- شکل ۵-۱۱) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ex$ بار ۶۵
- شکل ۵-۱۲) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm Ey$ بار ۶۵
- شکل ۵-۱۳) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L + Ey$ بار ۶۶
- شکل ۵-۱۴) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L - Ey$ بار ۶۶
- شکل ۵-۱۵) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ بار ۶۷
- شکل ۵-۱۶) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ بار ۶۸
- شکل ۵-۱۷) دیاگرام لنگر در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm E$ بار ۶۸
- شکل ۵-۱۸) دیاگرام لنگر در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm E$ بار ۶۹
- شکل ۵-۱۹) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ بار ۷۰
- شکل ۵-۲۰) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + 1.6L$ بار ۷۰
- شکل ۵-۲۱) دیاگرام برش در نوار کناری تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm E$ بار ۷۱
- شکل ۵-۲۲) دیاگرام برش در نوار میانی تحت ترکیب بار $1.2D + L \pm E$ بار ۷۱
- ۸۹ **ضمیمه‌ی الف - معرفی نرم‌افزار PLAXIS**
- شکل الف-۱) گره‌ها و نقاط تنش ۹۳
- شکل الف-۲) دستگاه مختصات و جهت مثبت مؤلفه‌های تنش ۹۴
- شکل الف-۳) مواردی که در آنها ژئوگرید بکار می‌رود ۹۷
- ۱۰۵ **ضمیمه‌ی ب - دیتیل‌های اجرایی**
- شکل ۱) پلان آرماتورگذاری تحتانی در دو جهت در دال ساده در ساختمان بادبندی ۱۰۷
- شکل ۲) پلان آرماتورگذاری فوقانی در دو جهت در دال ساده در ساختمان بادبندی ۱۰۸
- شکل ۳) پلان آرماتورگذاری تحتانی در دو جهت در دال ساده در ساختمان خمشی ۱۰۹
- شکل ۴) پلان آرماتورگذاری فوقانی در دو جهت در دال ساده در ساختمان خمشی ۱۱۰
- شکل ۵) پلان آرماتورگذاری تحتانی در دو جهت در پی منفرد چسبان در ساختمان بادبندی ۱۱۱
- شکل ۶) پلان آرماتورگذاری تحتانی در دو جهت در پی منفرد چسبان در ساختمان خمشی ۱۱۲
- شکل ۷) پلان آرماتورگذاری تحتانی در دو جهت در پی منفرد چسبان با عرض زیاد در ساختمان بادبندی ۱۱۳

۱۱۴ شکل ۸) پلان آرماتورگذاری تحتانی در دو جهت در پی منفرد چسبان با عرض زیاد
در ساختمان خمشی

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

در سرآغاز این پایان‌نامه لازم است تا با خلاصه‌ای از فصولی که در ادامه خواهد آمد آشنا شویم. در فصل دوم کلیاتی در مورد پی‌ها و معرفی انواع پی و شالوده مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. پی‌هایی که در این فصل مورد مطالعه قرار گرفته‌اند عبارتند از:

- پی منفرد
- پی مرکب
- پی باسکولی
- پی نواری
- پی شبکه‌ای
- پی دیوار
- شالوده‌ی گسترده
- شالوده‌های گسترده‌ی خاص
- شالوده‌های عمیق
- شالوده‌های واقع بر بستر سنگی

همچنین در این فصل به بیان مسأله و اهداف مورد نظر از انجام این تحقیق پرداخته شده است. در فصل سوم پی‌های منفرد چسبان معرفی و روشهای مدلسازی و آنالیز این پی‌ها معرفی گردیده است. در این فصل همچنین به بررسی مطالعاتی که در گذشته در این زمینه صورت گرفته است پرداخته شده است و نتایج محاسبات و مقایسات برای چندین نوع پی شامل دال ساده، پی منفرد چسبان و پی مجوف مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

در فصل چهارم پیش‌فرض‌ها و اطلاعات اولیه‌ی مورد استفاده در برنامه و داده‌ها و پارامترهای ورودی مورد نیاز برنامه جهت تحلیل مدل معرفی گردیده‌اند. پروژه‌ی مورد نظر معرفی گردیده و دیاگرام‌های لنگر و برش برای دو نوع ساختمان بادبندی و خمشی و سه نوع پی شامل دال ساده،

پی منفرد چسبان و پی گسترده‌ی پله‌ای ترسیم گردیده است.

در فصل پنجم نتایج حاصل از بررسی دیاگرام‌های لنگر و برش در دو نوع ساختمان بادبندی و خمش با یکدیگر مقایسه گردیده‌اند. نتایج حاصل از محاسبات و مقایسه اعداد و ارقام حاصل از این مقایسات از جمله مواردی هستند که در این فصل به آنها پرداخته شده است.

در فصل ششم نتایج و پیشنهاداتی ارائه گردیده است که امید است در جهت بهبود طراحی و اجرای پی‌های گسترده مورد قبول واقع گردد.

در ضمیمه‌ی الف نرم‌افزار PLAXIS 2D V8.2 که در تحلیل پی‌های مورد بررسی در این پایان‌نامه به کار رفته است، معرفی گردیده است. قابلیت‌های نرم‌افزار، واحدها و علائم قراردادی برنامه و انواع رفتارهای خاک از جمله مواردی هستند که در این فصل به آنها پرداخته شده است.

در آخر و در ضمیمه‌ی ب نقشه‌های اجرایی پی‌های مورد بررسی ترسیم گردیده است.

فصل دوم

کلیاتی در مورد پی‌ها

۲-۱- مقدمه

پی مهمترین بخش یک سازه است و به قسمتی از سازه اطلاق می‌شود که روی سطح فوقانی آن ستون یا دیوار قرار گرفته و سطح تحتانی آن مستقیماً روی زمین یا روی سرشمع^۱ تکیه دارد و بار سازه را به زمین منتقل می‌کند. به بیان ساده‌تر پی عنصری واسط بین خاک و سازه است که تنش‌های وارده توسط ستون‌ها را در سطحی وسیع‌تر گسترش داده و به زمین منتقل می‌کند [1].

۲-۲- بیان مسأله

در طراحی و اجرای پی‌های رادیه همیشه مهندسين با مشکلات عدیده‌ای همچون تخمین مدول واکنش بستر، معضلات بتن‌ریزی حجیم، حجم بالای بتن‌ریزی و آرماتورگذاری و... مواجه بوده‌اند و همیشه کمبود طراحی‌های نوین ملموس بوده است. از اینرو بایستی به دنبال راهکارهایی بود تا بتوان طراحی و اجرای این پی‌ها را بهتر از قبل انجام داد و اقتصاد پروژه را نیز مدنظر داشت.

۲-۳- اهداف

اهداف اصلی این تحقیق عبارتند از:

الف: تشریح مشکلات و موانع موجود در طرح و اجرای پی‌های گسترده

ب: ارائه‌ی راهکارهای مناسب جهت طراحی و اجرای پی‌های گسترده

پ: ارائه‌ی روشهایی که بتوان در اقتصاد اجرای پروژه سهم بسزایی داشت

^۱Pile Cap

۲-۴- انواع پی و شالوده

در صورتی که انتقال بار در محدوده‌ی کوچکی از سطح زمین و یا اطراف یک یا چند ستون بطور مشترک انجام شود، در این صورت عضو انتقال دهنده‌ی نیرو پی نامیده می‌شود، اما هنگامی که انتقال بار علاوه بر پی از طریق اجزای مختلفی نظیر شمع‌ها^۱ نیز صورت پذیرد عضو انتقال دهنده‌ی نیرو شالوده نامیده می‌شود. امروزه بطور عامیانه دو واژه‌ی پی و شالوده به‌جای یکدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند [2]. پی‌ها و شالوده‌ها به انواع مختلفی به‌صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند.

۲-۴-۱- پی منفرد^۲

این نوع پی ساده‌ترین نوع پی به‌شمار می‌آید و تنها تکیه‌گاه یک ستون را تشکیل می‌دهد، بطوری که از تأثیر متقابل پی‌های مجاور می‌توان صرف نظر کرد. شکل این نوع پی‌ها بسته به بارهای وارده می‌تواند به‌صورت مربع، مستطیل، چندضلعی‌های منظم، دایره و یا هر شکل نامنظم دیگری باشد. این نوع پی‌ها شامل انواع مختلفی از جمله تخت^۳، پله‌ای^۴ و شیب‌دار^۵ می‌باشند. انواع مختلف پی‌های منفرد در شکل ۲-۱ نشان داده شده است.

فولادگذاری در پی‌های منفرد بصورت سفره‌های مشبک طراحی و اجرا می‌گردد. این سفره در پایین جهت تحمل لنگرهای خمشی و در بالای آن بعنوان فولاد جمع‌شدگی و حرارت طراحی می‌شود.

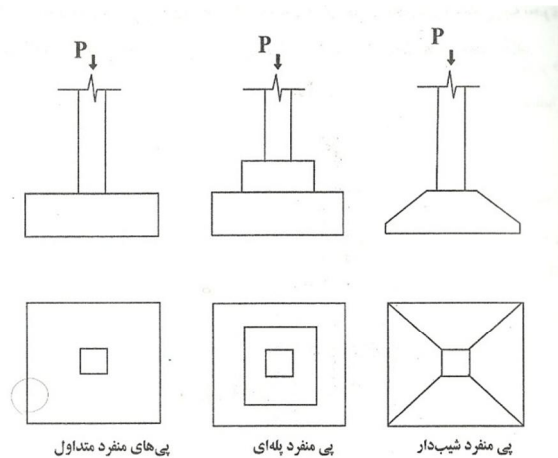
¹ Pile

² Single or Spread Footing

³ Spread Footing

⁴ Stepped Footing

⁵ Tapered or Sloped Footing



شکل ۲-۱) انواع مختلف پی‌های منفرد [3]

۲-۴-۲- پی مرکب^۱

هنگامی که فاصله‌ی ستون‌ها از هم چندان زیاد نیست و ابعاد آنها در هم تداخل می‌کند و یا اینکه ظرفیت باربری^۲ مجاز شالوده‌های تک جوابگوی طراحی نمی‌باشد از این نوع پی‌ها استفاده می‌شود. این پی‌ها به دلیل ترکیب نمودن بار دو ستون با یکدیگر، پی‌های دو ستونی نیز نامیده می‌شوند. این پی‌ها شامل دو نوع مختلف پی‌های مرکب مستطیلی و پی‌های مرکب دوزنقه‌ای می‌باشند. هنگامی که بار دو ستون با یکدیگر برابر باشند از پی‌های مرکب مستطیلی و هنگامی که بار یک ستون بیش از دیگری باشد از پی‌های مرکب دوزنقه‌ای استفاده می‌شود. گاهی جهت سهولت در اجرا پی‌های مرکب دوزنقه‌ای را به صورت T شکل نیز اجرا می‌کنند. شکل ۲-۲ انواع مختلف پی‌های مرکب را نشان می‌دهد.

دلیل دیگری که استفاده از این نوع پی‌ها را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید هنگامی است که ستونی از سازه در مجاورت زمین همسایه واقع شده باشد و نتوان قسمتی از پی منفرد را در زمین همسایه اجرا نمود، در این حالت به علت قرار گرفتن ستون در گوشه‌ی پی منفرد و وجود خروج از مرکزیت در پی، توزیع تنش در پی به صورت غیریکنواخت بوده و پی منفرد جوابگوی طراحی نمی‌باشد و به

¹ Combined Footing

² Bearing Capacity