

# پروژه‌های کاربردی در SAFE 14x-12x

تألیف:  
حسن باجی



نشر عالم عمران

[www.elme-omran.com](http://www.elme-omran.com)  
[Info@elme-omran.com](mailto:Info@elme-omran.com)

عضو:



انجمن ملی نشر کتاب‌های

این اثر مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر و مؤلف، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

سرشناسه	باچی، حسن، ۱۳۵۶
عنوان و پدید آورنده	پروژه‌های کاربردی در SAFE14x-12x / تالیف حسن باچی
مشخصات نشر	تهران: علم عمران، ۱۳۹۳
مشخصات ظاهری	۸۵۲ص، مصور، جدول، نمودار
وضعیت فهرست	فپیا
شابک	۹-۲۰-۵۱۷۶-۶۰۰-۹۷۸-۴۵۰۰۰۰ ریال
موضوع	نرم افزار سیف، دال‌های بتنی، طرح و ساختمان، داده‌پردازی، پی‌سازی
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۳ پ۲ب/ TA۶۴۷
رده‌بندی دیویی	۶۲۴/۱۷۱۰۲۸۵
شماره کتابخانه ملی	۳۴۵۳۳۱۷



نشر علم عمران

### پروژه‌های کاربردی در SAFE 14x-12x

تالیف: حسن باچی

ناشر	علم عمران
حروفچینی و صفحه‌آرایی	طرح نگار پارسی
چاپ اول	بهار ۱۳۹۳
تعداد و قطع صفحات	۸۵۲ صفحه خشتی
شمارگان	۱۰۰۰
بهای کتاب	۴۵۰۰۰۰ ریال
شابک ۹-۲۰-۵۱۷۶-۶۰۰-۹۷۸	ISBN 978-600-5176-20-9

نشر علم عمران: تهران، یوسف آباد، جهان آرا، بین خیابانهای شانزدهم و هجدهم، پلاک ۳۳، واحد ۱۱، تلفن ۸۸۳۵۳۹۳۰، دورنگار ۸۸۳۵۳۹۳۲

حقوق چاپ و نشر برای نشر علم عمران محفوظ است.

## مقدمه

## ناشر

پیشرفت پروژه‌های مهندسی در سالیان اخیر بخصوص در کلانشهرهای ایران نشان از افزایش دانش و اطمینان در طراحی و اجرای سازه‌های پیچیده دارد. تغییرات مباحث نهم و دهم مقررات ملی ساختمان در سال ۱۳۹۲ و همچنین ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ از سویی خود نشانگر نیاز فضای ساخت و ساز کشور به دانش طراحی جدیدتر و آیین‌نامه‌های بروزتر است. در این راستا وجود منابع علمی از جمله کتاب و مقالات که تفسیر مناسب روشهای جدید طراحی و آیین‌نامه‌ها را تبیین کنند ضروری است.

کتاب حاضر که به صورت مناسب با ارائه مثالهای مختلف، تکنیکهای تحلیل و طراحی در نرم‌افزار SAFE را آموزش می‌دهد، در جای خود کتاب پایه دانشگاهی مناسبی در زمینه تحلیل و طراحی دالها و پی‌های بتن‌آرمه است که مطالب آن در کمتر کتاب بتن‌آرمه دانشگاهی به این سبک وجود دارد که مناسب است از ایده، فکر و تلاش جناب آقای دکتر حسن باجی در تالیف آن به این شیوه قدردانی کنم. بی‌شک نتیجه وجود این کتاب و کتابهای مناسبی از این دست چیزی جز افزایش دانش مهندسی نخواهد بود و باعث خواهد شد تا مهندسان طراح با نگرش عمیق‌تری به طراحی سازه‌ها بپردازند.

سید مهدی داودنوبی

مدیر نشر علم عمران

فروردین ۱۳۹۳



## مقدمه

## نویسنده

طی سالیان اخیر استفاده از نرم افزارهای مهندسی در طراحی سازه های مختلف از جمله ساختمانها رشد قابل توجهی داشته است. از این بین، نرم افزارهایی که به صورت یک مجموعه کامل تحلیل و طراحی کلیه مراحل طراحی ساختمان را انجام می دهند بیشتر مورد توجه مهندسين طراح بوده اند. نرم افزارهای شرکت CSI به عنوان مجموعه ای کامل برای تحلیل و طراحی سازه های مختلف از محبوبیت روز افزونی در نقاط مختلف جهان و از جمله ایران برخوردار هستند. این نرم افزارها علیرغم سادگی، بسیار جامع و دقیق هستند و این عامل باعث فراگیری و گسترش سریع آنها بوده است. آخرین یافته های مهندسی سازه و آیین نامه های مختلف طراحی به سرعت در این نرم افزارها به روز می شوند. اخیرا این شرکت علاوه بر افزودن قابلیت های جدید به نرم افزارهای موجود برای راحتی کاربران نرم افزارهای تخصصی جدیدی برپایه نرم افزارهای موجود ارایه کرده است. آخرین نرم افزارهای شرکت CSI به شرح زیر هستند:

SAP2000: نرم افزار عمومی تحلیل و طراحی سازه ها

ETABS: نرم افزار تخصصی تحلیل و طراحی سازه های ساختمانی

SAFE: نرم افزار تخصصی تحلیل و طراحی پی ها و دالهای مسلح و پس کشیده

CSICOL: نرم افزار تخصصی تحلیل و طراحی ستونهای مسلح و مرکب

CSIBRIDGE: نرم افزار تخصصی تحلیل و طراحی پلها

PERFORM 3D: نرم افزار تخصصی تحلیل غیر خطی و طراحی بر اساس سطح عملکرد

مشاهده می شود که نرم افزارهای جدید افزوده شده به صورت تخصصی برای طراحی اعضا یا سازه های مشخصی ارایه شده اند. نرم افزار جدید طراحی پلها برگرفته شده از نرم افزار SAP2000 است. همچنین نرم افزار طراحی ستونها برگرفته شده از قابلیت های طراحی نرم افزارهای SAP2000 و ETABS

است. نرم افزار SAFE که موضوع مجموعه حاضر است تغییرات قابل توجهی نسبت به نسخه های قبلی این نرم افزار کرده است. محیط گرافیکی نرم افزار به شکل قابل توجهی تغییر کرده است. علاوه بر بهتر شدن گرافیک نحوه ی ساخت مدل و معرفی مشخصات و بارها نیز متحول شده است. از همه مهم تر اکنون نرم افزار SAFE قابلیت تحلیل و طراحی تیرها و دالهای پس کشیده را نیز دارد.

کتاب حاضر مجموعه ای برای آشنایی با قابلیت های نسخه جدید برنامه SAFE است. این مجموعه به صورت کامل بر اساس مثالهای حل شده است. این کتاب حاصل بیش از دوازده سال تجربه نگارنده در زمینه نویسندگی نرم افزارهای تخصصی سازه و آموزش این نرم افزارها در نقاط مختلف کشور بوده است. طی این سالیان موثرتر بودن کتابهای مبتنی بر مثال برای نگارنده ثابت شده است. همچنین لزوم ارائه نکات فنی و آیین نامه ای به همراه آموزش نرم افزار به عنوان عاملی بسیار اساسی کارایی خود را در افزایش کیفیت ارائه کتاب و بهره وری مهندسين طراح از محتوای کتاب نشان داده است. در این مجموعه از روشی جدید و ابتکاری فراتر از اثرهای قبلی نگارنده استفاده شده است. در تمام پروژه های استفاده شده در فصل های مختلف از حل های دستی بسیار مفصل و تا حد امکان دقیق استفاده شده است. حل های دستی ارائه شده علاوه بر نکات آموزشی نگرانی های موجود در سطح جامعه مهندسی نسبت به دقت محاسبه های نرم افزارهای مهندسی و محدودیت های آنها را تا حد قابل توجهی بر طرف می کند.

این مجموعه سه قابلیت مهم طراحی برنامه SAFE را پوشش می دهد. فصل های اول تا پنجم کتاب اختصاص به طراحی پی های ساختمانی مختلف دارد. در فصل های ششم تا نهم به طراحی دالهای مسلح پرداخته می شود. در پایان نیز فصلهای دهم و یازدهم به طراحی دالهای پس کشیده تعلق دارند. هر فصل به صورت مستقل قابل مطالعه است و خواننده به فراخور نیاز می تواند تنها بعضی از فصلهای کتاب را مطالعه کند.

نگارنده لازم می داند از زحمات جناب آقای مهندس سید مهدی داودنبی مدیریت محترم نشر علم عمران در آماده سازی این مجموعه تشکر کند. بی شک دقت نظر ایشان در مطالعه دقیق متن و کنترل محاسبه های دستی ارائه شده باعث پر بارتر شدن این مجموعه شده است.

نگارنده برخود لازم می داند از زحمات جناب آقای فرهاد شرببانی و سرکار خانم زارعی در ترسیم شکلها و صفحه آرایی کتاب تشکر نماید. امید است مجموعه ارائه شده بخشی از نیاز جامعه مهندسی به مراجع نرم افزارهای تخصصی سازه را پوشش داده و ابزار مفیدی برای دانشجویان و مهندسين سازه باشد. نگارنده از نظرات و انتقادات سازنده خوانندگان محترم استقبال می کند. امید است در مجموعه های آتی از نظرات پربار خوانندگان استفاده شود. لطفا هر گونه نظر و پیشنهاد را به آدرس الکترونیکی [safe14@gmail.com](mailto:safe14@gmail.com) ارسال فرمایید.

حسن باجی

فروردین ۱۳۹۳

## فهرست

## مطالب

۱۹	۱-۶-۲-۴- الگوهای بار.....
۲۰	۱-۶-۲-۵- حالت‌های تحلیل.....
۲۲	۱-۶-۲-۶- ترکیب بارها.....
۲۳	۱-۶-۳- ترسیم هندسه.....
۲۴	۱-۶-۴- اختصاص مشخصات.....
۲۴	۱-۶-۵- بارگذاری پی.....
۲۶	۱-۶-۶- تنظیم‌های طراحی.....
۲۶	۱-۶-۱- ترسیم نوارهای طراحی.....
۲۷	۱-۶-۲- تنظیم آیین‌نامه و پوشش میلگرد.....
۲۹	۱-۶-۳- انتخاب ترکیب بارهای طراحی.....
۲۹	۱-۶-۴- پارامترهای طراحی نوارها.....
۳۰	۱-۶-۵- پارامترهای طراحی کنترل برش منگنه‌ای.....
۳۳	۱-۶-۷- تحلیل و طراحی پی.....
۳۳	۱-۶-۱- تنظیم تقسیم‌بندی اجزای محدود.....
۳۴	۱-۶-۲- تنظیم درجات آزادی.....
۳۵	۱-۶-۳- تحلیل و طراحی مدل.....
۳۶	۱-۶-۸- مشاهده و بررسی خروجی‌ها.....

## فصل اول: پی منفرد

۱-۱	۱- کلیات.....
۲-۱	۲- هندسه پی.....
۳-۱	۳- مشخصات مصالح.....
۴-۱	۴- بارگذاری پی.....
۵-۱	۵- طراحی دستی پی.....
۱-۵-۱	۱-۵-۱- کنترل فشار خاک.....
۲-۵-۱	۲-۵-۱- کنترل برش یک‌طرفه.....
۳-۵-۱	۳-۵-۱- کنترل برش دو‌طرفه.....
۴-۵-۱	۴-۵-۱- طراحی میلگرد طولی.....
۵-۵-۱	۵-۵-۱- کنترل طول مهارب.....
۶-۱	۶-۱- مدل‌سازی پی در SAFE.....
۱-۶-۱	۱-۶-۱- شروع ساخت مدل.....
۲-۶-۱	۲-۶-۱- تعریف مشخصات مدل.....
۱-۲-۶-۱	۱-۲-۶-۱- مصالح.....
۲-۲-۶-۱	۲-۲-۶-۱- مقطع پی.....
۳-۲-۶-۱	۳-۲-۶-۱- تکیه‌گاه خاک.....

۷۴	۲-۳-۶-۲- ایجاد عناصر نقطه‌ای مرکز ستون‌ها.....
۷۶	۲-۳-۶-۳- ترسیم شناژها .....
۷۸	۲-۴-۶-۴- اختصاص مشخصات و بارگذاری .....
۷۹	۲-۴-۶-۱- تکیه‌گاه خاک.....
۷۹	۲-۴-۶-۲- بار کف‌سازی و وزن پی .....
۸۰	۲-۴-۶-۳- بار ستون‌ها.....
۸۳	۲-۵-۶-۵- تنظیم‌ها و پارامترهای طراحی .....
۸۴	۲-۵-۶-۱- ترسیم نوارهای طراحی .....
۸۵	۲-۵-۶-۲- تنظیم آیین‌نامه و پوشش میلگردها .....
۸۷	۲-۵-۶-۳- انتخاب ترکیب بارهای طراحی .....
۸۷	۲-۵-۶-۴- پارامترهای طراحی نوارها .....
۸۸	۲-۵-۶-۵- پارامترهای طراحی تیرها .....
۸۹	۲-۵-۶-۶- پارامترهای طراحی برش منگنه‌ای .....
۹۰	۲-۶-۶-۶- تحلیل و طراحی پی .....
۹۱	۲-۶-۶-۱- تقسیم‌بندی اجزای محدود .....
۹۱	۲-۶-۶-۲- درجه‌های آزادی .....
۹۲	۲-۶-۶-۳- عملیات تحلیل و طراحی .....
۹۲	۲-۶-۶-۷- مشاهده و چاپ خروجی‌ها .....
۹۲	۲-۶-۶-۱- تغییر شکل .....
۹۳	۲-۶-۶-۲- فشار خاک .....
۹۵	۲-۶-۶-۳- نیروی داخلی تیرها .....
۹۶	۲-۶-۶-۴- نیروی داخلی نوارهای طراحی .....
۹۷	۲-۶-۶-۵- مساحت میلگردهای طولی .....
۹۸	۲-۶-۶-۶- مساحت میلگرد شناژها .....
۹۸	۲-۶-۶-۷- برش منگنه‌ای .....

### فصل سوم: پی نواری برای ساختمان فولادی

۱۰۳	۳-۱- کلیات.....
-----	-----------------

۳۶	۱-۸-۶-۱- فشار خاک .....
۳۷	۱-۸-۶-۲- نیروهای داخلی نوارهای طراحی .....
۴۰	۱-۸-۶-۳- برش منگنه‌ای .....
۴۳	۱-۸-۶-۴- مساحت میلگرد طولی .....

### فصل دوم: پی منفرد با شناژ برای یک سوله

۴۷	۲-۱- کلیات.....
۴۹	۲-۲- هندسه پی .....
۵۰	۲-۳- مصالح پی .....
۵۱	۲-۴- بارگذاری پی .....
۵۴	۲-۵- طراحی دستی پی .....
۵۴	۲-۵-۱- کنترل فشار خاک.....
۵۵	۲-۵-۲- کنترل برش یکطرفه.....
۵۷	۲-۵-۳- کنترل برش منگنه‌ای.....
۵۸	۲-۴-۵- محاسبه‌ی مساحت میلگرد طولی.....
۶۰	۲-۶- مدل‌سازی پی در SAFE .....
۶۰	۲-۱-۶- شروع ساخت مدل .....
۶۲	۲-۲-۶- تعریف مشخصات .....
۶۲	۲-۶-۱-۲- مصالح .....
۶۳	۲-۲-۶-۲- مقطع پی .....
۶۴	۲-۲-۶-۳- مقطع شناژها .....
۶۵	۲-۶-۴- تکیه‌گاه خاک .....
۶۶	۲-۶-۵- الگوهای بار .....
۶۷	۲-۶-۶- ترکیب بارها .....
۶۹	۲-۶-۷- حالت‌های تحلیل .....
۷۱	۲-۶-۸- ترکیب بار پوش .....
۷۲	۲-۶-۳- ترسیم هندسه پی .....
۷۲	۲-۶-۳-۱- ایجاد عناصر سطحی پی .....



۱۴۸-۳-۶-۴-۲- چرخاندن دستگاه محلی عناصر سطحی.....

۱۵۰-۳-۶-۴-۳- بارگذاری روی عناصر سطحی.....

۱۵۱-۳-۶-۴-۴- ابعاد کنترل برش منگنه‌ای.....

۱۵۵-۳-۶-۵-۵- پارامترها و تنظیم های طراحی.....

۱۵۵-۳-۶-۵-۱- ترسیم نوارهای طراحی.....

۱۵۷-۳-۶-۵-۲- تنظیم‌های آیین‌نامه.....

۱۵۸-۳-۶-۵-۳- ترکیب بارهای طراحی.....

۱۵۸-۳-۶-۵-۴- پارامترهای نوارهای طراحی.....

۱۵۹-۳-۶-۵-۵- پارامترهای طراحی بر مبنای روش اجزای محدود.....

۱۶۰-۳-۶-۵-۶- پارامترهای طراحی کنترل برش منگنه‌ای.....

۱۶۴-۳-۶-۶-۶- تحلیل و طراحی پی.....

۱۶۴-۳-۶-۶-۱- تقسیم‌بندی اجزای محدود.....

۱۶۵-۳-۶-۶-۲- تعیین درجات آزادی مدل.....

۱۶۶-۳-۶-۶-۳- انجام عملیات تحلیل و طراحی.....

۱۶۶-۳-۶-۷-۷- مشاهده‌ی خروجی‌ها.....

۱۶۶-۳-۶-۷-۱- فشار خاک.....

۱۶۸-۳-۶-۷-۲- نیروی داخلی المان‌های پوسته‌ای.....

۱۷۰-۳-۶-۷-۳- نیروی داخلی نوارهای طراحی.....

۱۷۱-۳-۶-۷-۴- نمایش مساحت میلگرد موردنیاز.....

۱۷۳-۳-۶-۷-۵- برش منگنه‌ای.....

۱۷۵-۳-۶-۷-۶- ارسال خروجی‌ها به اتو کد.....

#### فصل چهارم: پی نواری برای ساختمان بتنی

۱۷۷-۴-۱- کلیات.....

۱۷۹-۴-۲- هندسه پی.....

۱۸۰-۴-۳- مشخصات مصالح.....

۱۸۱-۴-۴- بارگذاری پی.....

۱۰۵-۳-۲- هندسه‌ی پی.....

۱۱۱-۳-۳- مصالح پی.....

۱۱۲-۳-۴- بارگذاری پی.....

۱۱۳-۳-۵- طراحی دستی.....

۱۱۵-۳-۱-۵- کنترل فشار خاک.....

۱۱۵-۳-۲-۵- کنترل ضخامت پی.....

۱۱۷-۳-۱-۲-۵- کنترل برش یک‌طرفه.....

۱۱۷-۳-۲-۲-۵- کنترل برش منگنه‌ای.....

۱۲۴-۳-۵-۳- محاسبه‌ی میلگردهای طولی.....

۱۲۶-۳-۶-۶- مدل‌سازی پی در SAFE.....

۱۲۶-۳-۱-۶-۱- وارد کردن فایل عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی به SAFE.....

۱۲۸-۳-۲-۶-۲- معرفی مشخصات مدل.....

۱۲۸-۳-۱-۲-۶-۱- مصالح.....

۱۲۹-۳-۲-۲-۶-۲- مقطع پی.....

۱۳۰-۳-۲-۶-۳- تکیه‌گاه خاک.....

۱۳۱-۳-۴-۲-۶-۳- دستگاه مختصات.....

۱۳۲-۳-۵-۲-۶-۳- الگوهای بار.....

۱۳۳-۳-۶-۲-۶-۳- ترکیب بار.....

۱۳۵-۳-۷-۲-۶-۳- ایجاد حالت‌های غیرخطی حذف کشش خاک.....

۱۳۶-۳-۸-۲-۶-۳- ترکیب بارهای پوش.....

۱۳۷-۳-۳-۶-۳- ترسیم هندسه پی.....

۱۳۸-۳-۱-۳-۶-۳- تنظیم‌های قبل از ترسیم.....

۱۳۸-۳-۲-۳-۶-۳- ایجاد عناصر خطی کمکی موقت.....

۱۴۱-۳-۳-۶-۳- ترسیم عناصر سطحی پی.....

۱۴۴-۳-۴-۳-۶-۳- ترسیم عناصر سطحی ناحیه‌ی معادل ستون.....

۱۴۶-۳-۵-۳-۶-۳- حذف عناصر خطی کمکی موقت.....

۱۴۷-۳-۴-۶-۳- اختصاص مشخصات و بارگذاری.....

۱۴۸-۳-۱-۴-۶-۳- تکیه‌گاه خاک.....

۲۳۶-۴-۶-۷-۵- دیاگرام نیروی داخلی نوارهای طراحی .....  
 ۲۳۷-۴-۶-۸- طراحی براساس روش طیفی .....  
 ۲۴۰-۴-۶-۹- چاپ خروجی ها.....

### فصل پنجم: پی گسترده با دیوار برشی و شمع

۲۴۵-۵-۱- کلیات.....  
 ۲۴۷-۵-۲- هندسه ی پی .....  
 ۲۴۹-۵-۳- مشخصات مصالح .....  
 ۲۵۰-۵-۴- بارگذاری.....  
 ۲۵۳-۵-۵- تحلیل و طراحی دستی.....  
 ۲۵۴-۵-۱-۵- تحلیل پی .....  
 ۲۵۵-۵-۲-۵- کنترل فشار خاک.....  
 ۲۵۶-۵-۳-۵- طراحی میلگرد طولی و برشی .....  
 ۲۵۸-۵-۴-۵- کنترل برش منگنه‌ای ستون تقاطع B-4.....  
 ۲۶۰-۵-۵-۵- کنترل برش منگنه‌ای ستون دایره‌ای تقاطع D-2.....  
 ۲۶۴-۵-۶-۵- کنترل برش منگنه‌ای دیوار برشی محور A (P5).....  
 ۲۶۸-۵-۶-۶- مدل سازی پی در SAFE.....  
 ۲۶۹-۵-۶-۱- فراخوانی فایل ساخته شده توسط ETABS.....  
 ۲۷۱-۵-۶-۲- تعریف مشخصات مدل .....  
 ۲۷۱-۵-۶-۲-۱- مصالح .....  
 ۲۷۲-۵-۶-۲-۲- مقطع پی .....  
 ۲۷۳-۵-۶-۲-۳- مقطع تیر .....  
 ۲۷۴-۵-۶-۲-۴- تکیه‌گاه ستونی.....  
 ۲۷۶-۵-۶-۲-۵- تکیه‌گاه خاک.....  
 ۲۷۶-۵-۶-۲-۶- تکیه‌گاه فنری معادل شمع .....  
 ۲۷۷-۵-۶-۲-۷- دستگاه مختصات .....  
 ۲۷۸-۵-۶-۲-۸- الگوها و ترکیب بارها.....  
 ۲۸۰-۵-۶-۲-۹- حالت‌های تحلیل.....

۱۸۲-۴-۵- محاسبه‌های دستی .....  
 ۱۸۴-۴-۵-۱- تحلیل نوار طراحی محور 4' .....  
 ۱۸۸-۴-۵-۲- کنترل برش یک طرفه .....  
 ۱۹۰-۴-۵-۳- محاسبه ی میلگرد طولی .....  
 ۱۹۳-۴-۵-۴- کنترل برش منگنه‌ای.....  
 ۱۹۶-۴-۵-۵- کنترل فشار خاک.....  
 ۱۹۷-۴-۶-۶- مدل سازی در برنامه ی SAFE.....  
 ۱۹۸-۴-۶-۱- ارسال عکس العمل ها از ETABS به SAFE.....  
 ۲۰۱-۴-۶-۲- معرفی مشخصات مدل .....  
 ۲۰۲-۴-۶-۲-۱- مشاهده و اصلاح الگوها و حالت‌های بار .....  
 ۲۰۳-۴-۶-۲-۲- ایجاد جدول‌های ورودی در برنامه ی Excel.....  
 ۲۱۱-۴-۶-۳- ترسیم هندسه مدل .....  
 ۲۱۶-۴-۶-۴- اختصاص مشخصات مدل.....  
 ۲۱۷-۴-۶-۱- مقاطع عناصر .....  
 ۲۱۷-۴-۶-۲- دستگاه محلی عناصر سطحی .....  
 ۲۲۰-۴-۶-۳- تکیه‌گاه خاک .....  
 ۲۲۰-۴-۶-۴- بارگذاری سطحی روی پی .....  
 ۲۲۱-۴-۵-۵- تنظیم پارامترهای طراحی .....  
 ۲۲۱-۴-۵-۶-۱- تنظیم آیین‌نامه .....  
 ۲۲۲-۴-۵-۶-۲- انتخاب ترکیب بارهای طراحی .....  
 ۲۲۳-۴-۵-۶-۳- پارامترهای نوار طراحی .....  
 ۲۲۵-۴-۵-۶-۴- پارامترهای طراحی کنترل برش منگنه‌ای.....  
 ۲۲۸-۴-۶-۶- تحلیل و طراحی .....  
 ۲۲۹-۴-۶-۷- مشاهده خروجی ها.....  
 ۲۲۹-۴-۶-۷-۱- کنترل فشار خاک .....  
 ۲۳۰-۴-۶-۷-۲- کنترل برش منگنه‌ای.....  
 ۲۳۳-۴-۶-۷-۳- مساحت میلگرد طولی .....  
 ۲۳۵-۴-۶-۷-۴- میلگرد عرضی (برشی).....

۳۰۵.....۴-۷-۶-۵- مساحت میلگردهای طولی.....  
 ۳۰۶.....۵-۷-۶-۵- کنترل برش منگنه‌ای.....  
 ۳۰۸.....۸-۶-۵- ایجاد گزارش خروجی.....  
 ۳۰۹.....۱-۸-۶-۵- ایجاد جدول‌های خروجی.....  
 ۳۱۰.....۲-۸-۶-۵- ایجاد تصاویر گرافیکی نتایج.....  
 ۳۱۱.....۳-۸-۶-۵- ایجاد گزارش پیشرفته.....

**فصل ششم: دال یکطرفه یک دهانه با کنترل دقیق خیز**

۳۲۳.....۱-۶- کلیات.....  
 ۳۲۴.....۲-۶- هندسه دال.....  
 ۳۲۵.....۳-۶- مشخصات مصالح.....  
 ۳۲۶.....۴-۶- بارگذاری دال.....  
 ۳۲۸.....۵-۶- طراحی دال.....  
 ۳۲۸.....۱-۵-۶- میلگردهای طولی.....  
 ۳۳۰.....۲-۵-۶- برش یک‌طرفه.....  
 ۳۳۰.....۶-۶- کنترل خیز بر مبنای آیین‌نامه‌ی ACI.....  
 ۳۳۱.....۱-۶-۶- کنترل خیز آنی.....  
 ۳۳۶.....۲-۶-۶- خیز درازمدت.....  
 ۳۳۶.....۱-۲-۶-۶- روش ساده محاسبه‌ی خیز در آیین‌نامه‌ی ACI.....  
 ۳۳۷.....۲-۲-۶-۶- روش کامل محاسبه خیز درازمدت در آیین‌نامه ACI.....  
 ۳۴۰.....۷-۶- کنترل خیز طبق الگوریتم موجود در برنامه‌ی SAFE.....  
 ۳۴۲.....۱-۷-۶- محاسبه‌ی خیز آنی.....  
 ۳۴۶.....۲-۷-۶- محاسبه‌ی خیز درازمدت.....  
 ۳۵۳.....۸-۶- مدل‌سازی در برنامه‌ی SAFE.....  
 ۳۵۳.....۱-۸-۶- شروع ساخت مدل.....  
 ۳۵۴.....۲-۸-۶- تعریف مشخصات مدل.....  
 ۳۵۵.....۱-۲-۸-۶- مصالح.....  
 ۳۵۶.....۲-۲-۸-۶- مقطع دال.....

۲۸۲.....۳-۶-۵- ترسیم هندسه.....  
 ۲۸۲.....۱-۳-۶-۵- حذف عناصر خطی دیوارهای P5 و P8.....  
 ۲۸۲.....۲-۳-۶-۵- ترسیم عناصر سطحی پی و چاله آسانسور.....  
 ۲۸۴.....۳-۳-۶-۵- عناصر سطحی محل ستون‌ها.....  
 ۲۸۶.....۴-۳-۶-۵- تکیه‌گاه‌های ستونی.....  
 ۲۸۸.....۵-۳-۶-۵- عناصر نقطه‌ای مرکز دیوارهای P5 و P8.....  
 ۲۸۹.....۶-۳-۶-۵- نوارهای طراحی.....  
 ۲۹۰.....۴-۶-۵- نسبت دادن مشخصات و بارها.....  
 ۲۹۱.....۱-۴-۶-۵- تکیه‌گاه خاک.....  
 ۲۹۲.....۲-۴-۶-۵- آزادسازی لبه‌های عنصر سطحی چاله‌ی آسانسور.....  
 ۲۹۳.....۳-۴-۶-۵- تکیه‌گاه شمع.....  
 ۲۹۳.....۴-۴-۶-۵- تکیه‌گاه انتهایی ستون‌ها.....  
 ۲۹۴.....۵-۴-۶-۵- بار سطحی پی.....  
 ۲۹۵.....۶-۴-۶-۵- بار دیوارهای برشی P5 و P8.....  
 ۲۹۷.....۵-۶-۵- پارامترهای طراحی.....  
 ۲۹۷.....۱-۵-۶-۵- تنظیم آیین‌نامه.....  
 ۲۹۸.....۲-۵-۶-۵- ترکیب بارهای طراحی.....  
 ۲۹۸.....۳-۵-۶-۵- پارامترهای نوارهای طراحی.....  
 ۲۹۹.....۴-۵-۶-۵- پارامترهای طراحی برشی منگنه‌ای.....  
 ۳۰۰.....۶-۶-۵- تنظیم‌های تحلیل.....  
 ۳۰۰.....۱-۶-۶-۵- تقسیم‌بندی اجزای محدود.....  
 ۳۰۱.....۲-۶-۶-۵- درجه‌های آزادی.....  
 ۳۰۲.....۳-۶-۶-۵- انجام عملیات تحلیل و طراحی.....  
 ۳۰۲.....۷-۶-۵- مشاهده و کنترل خروجی‌ها.....  
 ۳۰۲.....۱-۷-۶-۵- فشار خاک.....  
 ۳۰۳.....۲-۷-۶-۵- نیروهای داخلی المان‌های پوسته‌ای پی.....  
 ۳۰۴.....۳-۷-۶-۵- دیاگرام نیروی داخلی نوارهای طراحی.....

۳۷۸ ..... ۶-۷-۸-۶- چاچ نتایج گرافیکی

### فصل هفتم: دال یکطرفه

۳۸۱ ..... ۱-۷- کلیات  
۳۸۳ ..... ۲-۷- هندسه‌ی دال  
۳۸۵ ..... ۳-۷- مشخصات مصالح  
۳۸۶ ..... ۴-۷- بارگذاری دال  
۳۸۷ ..... ۵-۷- طراحی دستی دال و تیرها  
۳۸۸ ..... ۱-۵-۷- طراحی دال یک‌طرفه  
۳۹۲ ..... ۲-۵-۷- کنترل خیز دال  
۳۹۶ ..... ۳-۵-۷- طراحی تیرهای باربر  
۴۰۳ ..... ۴-۵-۷- کنترل خیز تیر  
۴۰۶ ..... ۶-۷- مدل‌سازی دال در برنامه‌ی SAFE  
۴۰۷ ..... ۱-۶-۷- شروع ساخت مدل دال  
۴۰۸ ..... ۲-۶-۷- تعریف مشخصات مدل  
۴۰۸ ..... ۱-۲-۶-۷- مصالح  
۴۱۰ ..... ۲-۲-۶-۷- مقطع دال  
۴۱۱ ..... ۳-۲-۶-۷- مقطع تیرها  
۴۱۳ ..... ۴-۲-۶-۷- تکیه‌گاه ستون  
۴۱۵ ..... ۵-۲-۶-۷- دستگاه‌های مختصات و طبقه‌ها  
۴۱۶ ..... ۶-۲-۶-۷- الگوهای بار  
۴۱۷ ..... ۷-۲-۶-۷- حالت‌های تحلیل  
۴۱۹ ..... ۸-۲-۶-۷- ترکیب بارها  
۴۲۲ ..... ۳-۶-۷- ترسیم هندسه مدل  
۴۲۲ ..... ۱-۳-۶-۷- ترسیم دال و عناصر سطحی مربوط به بارگذاری شطرنجی بار زنده  
۴۲۴ ..... ۲-۳-۶-۷- ترسیم تیرها  
۴۲۵ ..... ۳-۳-۶-۷- ترسیم تکیه‌گاه‌های ستونی  
۴۲۶ ..... ۴-۳-۶-۷- ترسیم نوارهای طراحی

۳۵۶ ..... ۳-۲-۸-۶- تکیه‌گاه دیوار  
۳۵۷ ..... ۴-۲-۸-۶- دستگاه مختصات و ارتفاع طبقه‌ها  
۳۵۸ ..... ۵-۲-۸-۶- الگوهای بار  
۳۵۹ ..... ۶-۲-۸-۶- حالت‌های تحلیل  
۳۶۱ ..... ۷-۲-۸-۶- ترکیب بارها  
۳۶۲ ..... ۳-۸-۶- ترسیم هندسه مدل  
۳۶۳ ..... ۱-۳-۸-۶- ترسیم تکیه‌گاه دیوار  
۳۶۳ ..... ۲-۳-۸-۶- ترسیم دال  
۳۶۴ ..... ۳-۳-۸-۶- نوار طراحی  
۳۶۴ ..... ۴-۸-۶- اختصاص مشخصات  
۳۶۵ ..... ۱-۴-۸-۶- آزادسازی لنگر لبه‌های متکی به دیوار دال  
۳۶۵ ..... ۲-۴-۸-۶- بارگذاری دال  
۳۶۶ ..... ۵-۸-۶- پارامترهای طراحی  
۳۶۶ ..... ۱-۵-۸-۶- تنظیم آیین‌نامه و پوشش بتن  
۳۶۷ ..... ۲-۵-۸-۶- ترکیب بارهای طراحی  
۳۶۷ ..... ۳-۵-۸-۶- پارامترهای طراحی نوار  
۳۶۹ ..... ۶-۸-۶- تحلیل و طراحی  
۳۶۹ ..... ۱-۶-۸-۶- تقسیم‌بندی اجزای محدود  
۳۶۹ ..... ۲-۶-۸-۶- پارامترهای تحلیل ترک‌خوردگی  
۳۷۱ ..... ۳-۶-۸-۶- درجه‌های آزادی  
۳۷۱ ..... ۴-۶-۸-۶- انجام عملیات تحلیل و طراحی  
۳۷۱ ..... ۷-۸-۶- مشاهده‌ی خروجی‌ها  
۳۷۲ ..... ۱-۷-۸-۶- نیروی داخلی نوار طراحی  
۳۷۳ ..... ۲-۷-۸-۶- نیروی داخلی دال  
۳۷۴ ..... ۳-۷-۸-۶- میلگردهای طراحی  
۳۷۵ ..... ۴-۷-۸-۶- نمایش خیز  
۳۷۷ ..... ۵-۷-۸-۶- نیروی داخلی تکیه‌گاه‌های دیوار

۴۵۵ ..... ۳-۸- مشخصات مصالح

۴۵۶ ..... ۴-۸- بارگذاری دال

۴۵۷ ..... ۵-۸- طراحی دستی دال

۴۵۷ ..... ۱-۵-۸- کنترل ضخامت دال

۴۵۹ ..... ۲-۵-۸- تحلیل نوار طراحی

۴۵۹ ..... ۱-۲-۵-۸- روش ضرایب ACI (طراحی مستقیم)

۴۶۲ ..... ۲-۲-۵-۸- روش قاب معادل

۴۷۶ ..... ۳-۲-۵-۸- تقسیم لنگر بین نوارهای ستونی و میانی

۴۷۸ ..... ۳-۵-۸- طراحی نوارهای طراحی

۴۸۲ ..... ۴-۵-۸- کنترل برش منگنه‌ای

۴۸۲ ..... ۱-۴-۵-۸- ستون مربعی تقاطع B-4

۴۸۴ ..... ۲-۴-۵-۸- ستون مربعی تقاطع C-4

۴۸۴ ..... ۳-۴-۵-۸- ستون سر ستون‌دار تقاطع B-2

۴۸۶ ..... ۴-۴-۵-۸- ستون دایره‌ای تقاطع C-2

۴۸۸ ..... ۵-۴-۵-۸- ستون T شکل تقاطع A-4

۴۹۲ ..... ۶-۴-۵-۸- ستون مستطیلی تقاطع A-2

۴۹۹ ..... ۶-۸- مدل‌سازی دال در برنامه‌ی SAFE

۴۹۹ ..... ۱-۶-۸- شروع ساخت مدل

۵۰۰ ..... ۲-۶-۸- معرفی مشخصات مدل

۵۰۱ ..... ۱-۲-۶-۸- مصالح

۵۰۳ ..... ۲-۲-۶-۸- مقطع دال

۵۰۴ ..... ۳-۲-۶-۸- مقطع تکیه‌گاه‌های ستونی

۵۰۶ ..... ۴-۲-۶-۸- تکیه‌گاه‌های دیوار

۵۰۷ ..... ۵-۲-۶-۸- الگوهای بارگذاری

۵۰۸ ..... ۶-۲-۶-۸- حالت‌های تحلیل

۵۱۰ ..... ۷-۲-۶-۸- ترکیب بارها

۵۱۱ ..... ۳-۶-۸- ترسیم هندسه مدل

۵۱۳ ..... ۱-۳-۶-۸- ترسیم عناصر سطحی

۴۲۷ ..... ۵-۳-۶-۷- تنظیم پنجره‌ی نمایش

۴۲۸ ..... ۴-۶-۷- نسبت دادن مشخصات

۴۲۹ ..... ۱-۴-۶-۷- بارگذاری سطحی دال

۴۳۰ ..... ۲-۴-۶-۷- جانمایی المان تیر در مقطع

۴۳۴ ..... ۳-۴-۶-۷- اصلاح مشخصات ناحیه‌ی صلب محل اشتراک ستون و دال

۴۳۴ ..... ۵-۶-۷- مشخصات طراحی

۴۳۴ ..... ۱-۵-۶-۷- تنظیم‌های طراحی

۴۳۵ ..... ۲-۵-۶-۷- ترکیب بارها

۴۳۶ ..... ۳-۵-۶-۷- پارامترهای طراحی نوارها و دال

۴۳۷ ..... ۶-۶-۷- تحلیل سازه‌ی دال

۴۳۷ ..... ۱-۶-۶-۷- تقسیم‌بندی اجزای محدود

۴۳۷ ..... ۲-۶-۶-۷- پارامترهای تحلیل ترک‌خوردگی

۴۳۸ ..... ۳-۶-۶-۷- تنظیم‌های درجه‌های آزادی

۴۳۹ ..... ۴-۶-۶-۷- انجام عملیات تحلیل و طراحی

۴۳۹ ..... ۷-۶-۷- بررسی و مشاهده خروجی‌ها

۴۳۹ ..... ۱-۷-۶-۷- کنترل خیز دال

۴۴۱ ..... ۲-۷-۶-۷- کنترل عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی

۴۴۲ ..... ۳-۷-۶-۷- مشاهده دیاگرام نیروی داخلی تیرها

۴۴۵ ..... ۴-۷-۶-۷- نتایج طراحی تیرها

۴۴۶ ..... ۵-۷-۶-۷- نیروهای داخلی نوارهای طراحی

۴۴۷ ..... ۶-۷-۶-۷- مساحت میلگرد مورد نیاز در نوار طراحی

۴۴۸ ..... ۷-۷-۶-۷- دیاگرام نیروی داخلی دال

۴۴۹ ..... ۸-۷-۶-۷- نمایش مساحت میلگردهای طولی دال

## فصل هشتم: دال تخت با کتیبه

۴۵۱ ..... ۱-۸- کلیات

۴۵۳ ..... ۲-۸- هندسه‌ی دال

۵۵۶ ..... ۲-۹- هندسه‌ی دال

۵۵۸ ..... ۳-۹- مشخصه‌های مصالح

۵۵۸ ..... ۴-۹- بارگذاری دال

۵۶۰ ..... ۵-۹- تحلیل و طراحی مقدماتی (دستی)

۵۶۰ ..... ۱-۵-۹- کنترل ضخامت دال

۵۶۶ ..... ۲-۵-۹- تحلیل قاب معادل محور 6

۵۷۰ ..... ۳-۵-۹- طراحی میلگردهای طولی نوار طراحی محور 6

۵۷۳ ..... ۴-۵-۹- کنترل برش دال

۵۷۴ ..... ۶-۹- مدل‌سازی در برنامه‌ی SAFE

۵۷۴ ..... ۱-۶-۹- شروع ساخت مدل

۵۷۵ ..... ۲-۶-۹- ایجاد هندسه مدل

۵۷۷ ..... ۱-۲-۹- فراخوانی هندسه از برنامه اتوکد

۵۷۸ ..... ۲-۲-۹- ترسیم خطوط شبکه

۵۸۱ ..... ۳-۲-۹- ترسیم دال

۵۸۲ ..... ۴-۲-۹- ترسیم بازشوها

۵۸۳ ..... ۵-۲-۹- ترسیم تیرها

۵۸۶ ..... ۶-۲-۹- ترسیم تکیه‌گاه‌های دیوار

۵۸۸ ..... ۷-۲-۹- ترسیم تکیه‌گاه‌های ستون

۵۹۳ ..... ۳-۶-۹- تعریف مشخصات مدل

۵۹۴ ..... ۱-۳-۶-۹- مصالح

۵۹۵ ..... ۲-۳-۶-۹- مقطع ناحیه‌ی صلب اطراف ستون‌ها و دیوارهای برشی

۵۹۶ ..... ۳-۳-۶-۹- الگوهای بار

۵۹۶ ..... ۴-۳-۶-۹- حالت‌های تحلیل

۵۹۸ ..... ۵-۳-۶-۹- ترکیب بارها

۵۹۹ ..... ۶-۳-۶-۹- منبع جرم

۵۹۹ ..... ۴-۶-۹- بارگذاری دال

۶۰۱ ..... ۵-۶-۹- تنظیم پارامترهای طراحی

۶۰۱ ..... ۱-۵-۶-۹- ترسیم نوار طراحی محور 6

۵۲۰ ..... ۲-۳-۶-۸- ترسیم تکیه‌گاه‌های دیوار

۵۲۱ ..... ۳-۳-۶-۸- ترسیم تکیه‌گاه‌های ستونی

۵۲۵ ..... ۴-۳-۶-۸- ترسیم نوارهای طراحی

۵۲۶ ..... ۴-۶-۸- نسبت دادن مشخصات

۵۲۷ ..... ۵-۶-۸- تنظیم پارامترهای طراحی

۵۲۷ ..... ۱-۵-۶-۸- تنظیم‌های طراحی

۵۲۸ ..... ۲-۵-۶-۸- ترکیب بارها

۵۲۸ ..... ۳-۵-۶-۸- پارامترهای طراحی

۵۲۹ ..... ۶-۶-۸- تحلیل و طراحی دال

۵۲۹ ..... ۱-۶-۶-۸- اندازه‌ی تقسیم‌بندی اجزای محدود

۵۳۰ ..... ۲-۶-۶-۸- تحلیل ترک‌خوردگی دال

۵۳۱ ..... ۳-۶-۶-۸- درجه‌های آزادی

۵۳۱ ..... ۴-۶-۶-۸- انجام عملیات تحلیل و طراحی

۵۳۲ ..... ۷-۶-۸- مشاهده و بررسی خروجی‌ها

۵۳۲ ..... ۱-۷-۶-۸- نمایش بارها

۵۳۳ ..... ۲-۷-۶-۸- نمایش تغییر و کنترل خیز

۵۳۴ ..... ۳-۷-۶-۸- عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی

۵۳۵ ..... ۴-۷-۶-۸- نیروهای داخلی دال

۵۳۷ ..... ۵-۷-۶-۸- دیاگرام نیروی داخلی نوارهای طراحی

۵۳۸ ..... ۶-۷-۶-۸- نتایج طراحی میلگردهای طولی

۵۴۰ ..... ۷-۷-۶-۸- نتایج کنترل برش منگنه‌ای

۵۴۵ ..... ۸-۶-۸- اصلاح مدل

۵۴۹ ..... ۱-۸-۶-۸- بررسی مجدد خیز

۵۵۰ ..... ۲-۸-۶-۸- بررسی مجدد برش منگنه‌ای

## فصل نهم: دال دوطرفه با تیر

۵۵۵ ..... ۱-۹- کلیات

## فصل دهم: دال پس کشیده با تیر به همراه کنترل دقیق افت کابلها

- ۶۲۱-۱-۱۰- کلیات.....
- ۶۲۲-۲-۱۰- هندسه‌ی دال.....
- ۶۲۴-۳-۱۰- مشخصات مصالح.....
- ۶۲۶-۴-۱۰- بارگذاری دال.....
- ۶۲۸-۵-۱۰- مقدمه‌ای بر دال‌های پس کشیده.....
- ۶۲۸-۱-۵-۱۰- سیستم‌های پیش‌تنیده.....
- ۶۳۱-۲-۵-۱۰- افت تنش در کابل‌ها.....
- ۶۳۳-۱-۲-۵-۱۰- افت ناشی از اصطکاک.....
- ۶۳۴-۲-۲-۵-۱۰- افت الاستیک بتن (ES).....
- ۶۳۵-۳-۲-۵-۱۰- افت نشست تکیه‌گاهی.....
- ۶۳۶-۴-۲-۵-۱۰- افت ناشی از خزش بتن (CR).....
- ۶۳۷-۵-۲-۵-۱۰- کرنش ناشی از جمع‌شدگی بتن (SH).....
- ۶۳۸-۲-۲-۵-۱۰- افت ناشی از سستی کابل (RE).....
- ۶۴۰-۳-۵-۱۰- فرضیات و کنترل‌ها.....
- ۶۴۱-۱-۳-۵-۱۰- کنترل سرویس در مرحله‌ی انتقال نیرو.....
- ۶۴۱-۲-۳-۵-۱۰- کنترل سرویس.....
- ۶۴۲-۳-۳-۵-۱۰- بار نهایی سرویس.....
- ۶۴۲-۴-۳-۵-۱۰- تنش کابل در مراحل مختلف.....
- ۶۴۲-۴-۵-۱۰- طراحی خمشی.....
- ۶۴۴-۶-۱۰- طراحی دستی دال یک‌طرفه.....
- ۶۴۷-۱-۶-۱۰- محاسبه‌ی افت تنش کابل.....
- ۶۴۷-۱-۱-۶-۱۰- افت اصطکاک.....
- ۶۴۷-۲-۱-۶-۱۰- افت نشست تکیه‌گاهی.....
- ۶۴۸-۳-۱-۶-۱۰- افت الاستیک.....
- ۶۵۰-۴-۱-۶-۱۰- افت ناشی از خزش.....
- ۶۵۰-۵-۱-۶-۱۰- افت ناشی از جمع‌شدگی بتن.....
- ۶۵۱-۶-۱-۶-۱۰- افت ناشی از سستی فولاد کابل‌ها.....

- ۶۰۲-۲-۵-۶-۹- تنظیم آیین‌نامه و پوشش بتن.....
- ۶۰۳-۳-۵-۶-۹- انتخاب ترکیب بارهای طراحی.....
- ۶۰۳-۴-۵-۶-۹- پارامترهای طراحی دال.....
- ۶۰۴-۶-۶-۹- تحلیل دال.....
- ۶۰۴-۱-۶-۶-۹- اندازه‌ی تقسیم‌بندی اجزای محدود.....
- ۶۰۴-۲-۶-۶-۹- تنظیم تحلیل ترک‌خوردگی.....
- ۶۰۵-۳-۶-۶-۹- درجه‌های آزادی.....
- ۶۰۶-۴-۶-۶-۹- عملیات تحلیل.....
- ۶۰۶-۷-۶-۹- بررسی خروجی‌ها.....
- ۶۰۶-۱-۷-۶-۹- کنترل خیز.....
- ۶۰۷-۲-۷-۶-۹- کنترل مدهای ارتعاشی.....
- ۶۰۸-۳-۷-۶-۹- نمایش نیروی داخلی دال.....
- ۶۱۰-۴-۷-۶-۹- نمایش دیاگرام نیروی داخلی تیرها.....
- ۶۱۱-۵-۶-۶-۹- نمایش دیاگرام نیروی داخلی نوار طراحی.....
- ۶۱۲-۶-۷-۶-۹- نمایش میلگردهای طولی دال.....
- ۶۱۳-۷-۹- تحلیل قاب معادل در برنامه‌ی SAFE.....
- ۶۱۳-۱-۷-۹- شروع ساخت قاب معادل.....
- ۶۱۴-۲-۷-۹- تنظیم‌های طراحی.....
- ۶۱۵-۳-۷-۹- معرفی دهانه‌ها.....
- ۶۱۶-۴-۷-۹- ایجاد دال.....
- ۶۱۶-۵-۷-۹- ایجاد تیرها.....
- ۶۱۷-۶-۷-۹- ایجاد تکیه‌گاه‌های ستونی.....
- ۶۱۸-۷-۷-۹- بارگذاری دال.....
- ۶۱۸-۸-۷-۹- تحلیل مدل.....
- ۶۱۸-۹-۷-۹- نمایش نیروی داخلی قاب.....
- ۶۱۹-۱۰-۷-۹- نمایش نتایج طراحی قاب معادل.....
- ۶۲۰-۱۱-۷-۹- اتمام عملیات ساخت و تحلیل قاب معادل.....

۶۸۲ ..... ۱۰-۷-۶-۲- ترسیم نوار طراحی

۶۸۳ ..... ۱۰-۷-۶-۳- پارامترهای طراحی دال

۶۸۴ ..... ۱۰-۷-۷-۷- عملیات تحلیل

۶۸۴ ..... ۱۰-۷-۷-۱- تقسیم‌بندی اجزای محدود مدل

۶۸۵ ..... ۱۰-۷-۷-۲- درجه‌های آزادی

۶۸۵ ..... ۱۰-۷-۷-۳- انجام عملیات تحلیل و طراحی

۶۸۵ ..... ۱۰-۷-۸-۸- بررسی خروجی‌ها

۶۸۶ ..... ۱۰-۷-۸-۱- نیروهای کابل‌ها

۶۸۸ ..... ۱۰-۷-۸-۲- خیز دال

۶۸۸ ..... ۱۰-۷-۸-۳- تنش داخلی دال

۶۹۰ ..... ۱۰-۷-۸-۴- نیروی داخلی نوار طراحی

۶۹۲ ..... ۱۰-۷-۸-۵- نتایج طراحی دال

۶۹۴ ..... ۱۰-۷-۸-۶- نتایج طراحی تیر

### فصل یازدهم: دال تخت پس کشیده

۶۹۷ ..... ۱۱-۱- کلیات

۶۹۸ ..... ۱۱-۲- ضوابط مربوط به پروفیل و چیدمان کابل‌های پیش‌تنیدگی

۷۰۴ ..... ۱۱-۳- طراحی سازه‌های دال‌های پس‌کشیده

۷۰۵ ..... ۱۱-۴- هندسه‌ی مدل

۷۰۷ ..... ۱۱-۵- مشخصات مصالح

۷۰۸ ..... ۱۱-۶- بارگذاری دال

۷۰۹ ..... ۱۱-۷- طراحی دستی نوار طراحی محور C

۷۱۱ ..... ۱۱-۷-۱- بالانس بار مرده و طراحی پروفیل کابل

۷۱۳ ..... ۱۱-۷-۲- کنترل تنش‌ها در حالت حدی سرویس

۷۱۹ ..... ۱۱-۷-۳- طراحی خمشی

۷۲۷ ..... ۱۱-۷-۴- کنترل برش منگنه‌ای

۷۳۱ ..... ۱۱-۸- مدل‌سازی در برنامه‌ی SAFE

۷۳۲ ..... ۱۱-۸-۱- آغاز ساخت مدل

۶۵۲ ..... ۱۰-۶-۱- خلاصه‌ی محاسبه‌ی افت‌ها

۶۵۳ ..... ۱۰-۶-۲- کنترل‌های سرویس

۶۵۶ ..... ۱۰-۶-۳- طراحی میلگردهای طولی

۶۵۷ ..... ۱۰-۷-۷- مدل‌سازی در برنامه‌ی SAFE

۶۵۷ ..... ۱۰-۷-۱- آغاز ساخت مدل

۶۵۹ ..... ۱۰-۷-۲- معرفی مشخصات مدل

۶۵۹ ..... ۱۰-۷-۲-۱- مصالح

۶۶۱ ..... ۱۰-۷-۲-۲- مقطع دال

۶۶۱ ..... ۱۰-۷-۲-۳- مقطع تیر

۶۶۳ ..... ۱۰-۷-۲-۴- مقطع کابل پیش‌تنیده

۶۶۳ ..... ۱۰-۷-۲-۵- الگوهای بار

۶۶۴ ..... ۱۰-۷-۲-۶- حالت‌های تحلیل

۶۶۵ ..... ۱۰-۷-۲-۷- ترکیب بارها

۶۶۵ ..... ۱۰-۷-۳- ترسیم هندسه سازه

۶۶۵ ..... ۱۰-۷-۳-۱- ترسیم تیرها

۶۶۶ ..... ۱۰-۷-۲- ترسیم دال

۶۶۷ ..... ۱۰-۷-۳- ترسیم کابل‌های دال

۶۷۰ ..... ۱۰-۷-۳-۴- ترسیم کابل‌های تیرها

۶۷۲ ..... ۱۰-۷-۴- نسبت دادن مشخصات

۶۷۳ ..... ۱۰-۷-۱-۴- مقطع اعضا

۶۷۴ ..... ۱۰-۷-۲-۴- تکیه‌گاه

۶۷۵ ..... ۱۰-۷-۳-۴- آزادسازی لنگر لبه‌ی دال

۶۷۶ ..... ۱۰-۷-۵- اختصاص بارها

۶۷۷ ..... ۱۰-۷-۱-۵- بارگذاری دال

۶۷۷ ..... ۱۰-۷-۲-۵- بارگذاری کابل‌ها

۶۸۰ ..... ۱۰-۷-۶- تنظیم‌ها و پارامترهای طراحی

۶۸۰ ..... ۱۰-۷-۶-۱- ترکیب بارهای طراحی



۷۶۵.....۱۱-۸-۲- معرفى مشخصات دال  
۷۶۶.....۱۱-۸-۱-۱ مصالح  
۷۶۸.....۱۱-۸-۲-۲ مقطع دال  
۷۶۹.....۱۱-۸-۳-۲ مقطع کابل پيش تنيدگى  
۷۷۰.....۱۱-۸-۴-۲ تکيه گاه ستونى  
.....۱۱-۸-۵-۲ الگوهاى بار  
.....۱۱-۸-۶-۲ حالت هاى بار  
.....۱۱-۸-۷-۲ ترکيب بارها  
.....۱۱-۸-۳-۳ ترسيم اعضاى سازه  
.....۱۱-۸-۱-۳ ترسيم دال  
.....۱۱-۸-۲-۳ ترسيم تکيه گاه هاى ستونى  
.....۱۱-۸-۳-۳ ترسيم نوارهاى طراحى  
.....۱۱-۸-۴-۳ ترسيم کابل ها  
.....۱۱-۸-۴-۴ اختصاص مشخصات عناصر دال  
.....۱۱-۸-۱-۴ مقطع کابل ها  
.....۱۱-۸-۲-۴ بارگذاري کابل ها  
.....۱۱-۸-۳-۴ بارگذاري دال  
.....۱۱-۸-۵-۴ تنظيم هاى طراحى  
.....۱۱-۸-۶-۴ تحليل و طراحى مدل  
.....۱۱-۸-۱-۶ تقسيم بندى اجزاي محدود  
.....۱۱-۸-۲-۶ تنظيم درجه هاى آزادى  
.....۱۱-۸-۳-۶ انجام عمليات تحليل و طراحى  
.....۱۱-۸-۹-۶ مشاهده و بررسى خروجى ها  
.....۱۱-۸-۱-۹ بارگذاري کابل ها  
.....۱۱-۸-۲-۹ کنترل خيز  
.....۱۱-۸-۳-۹ نمايش تنش دال  
.....۱۱-۸-۴-۹ نيروى داخلى نوارهاى طراحى

**فهرست منابع..... ۷۷۳**

**معرفى نرم افزار رسام پى شرکت راديس..... ۷۷۵**

**معرفى نرم افزار ابرپى شرکت ابرسازه ها..... ۷۹۳**

**معرفى نرم افزار فونداسيون پيشرفته سازه ۹۰..... ۸۱۵**



## فصل اول

### پی منفرد

#### ۱-۱- کلیات

در این فصل اصول ساخت مدل، تحلیل و طراحی پی‌های الاستیک در برنامه‌ی SAFE شرح داده می‌شود. یک پی منفرد تحت اثر بارهای مرده و زنده در این مثال مدل‌سازی می‌شود. قبل از مدل‌سازی در برنامه‌ی SAFE، پی منفرد در نظر گرفته شده به صورت دستی براساس آیین‌نامه‌ی ACI 318 طراحی می‌شود. در این طراحی تمام ضوابط لازم برای طراحی یک پی بر مبنای آیین‌نامه‌ی ACI بررسی خواهد شد. پس از آن پی در برنامه‌ی SAFE تحلیل و طراحی خواهد شد و نتایج نرم‌افزار با آنچه در محاسبات دستی بدست آمده است مقایسه خواهند شد.

در خلال تحلیل و طراحی پی در نظر گرفته شده نکات موجود در آیین‌نامه‌ی ACI و قابلیت‌های برنامه‌ی SAFE به صورت همزمان مورد توجه هستند. به صورت خلاصه از مدل‌سازی پی در نظر گرفته شده در این فصل، اهداف زیر دنبال می‌شوند:

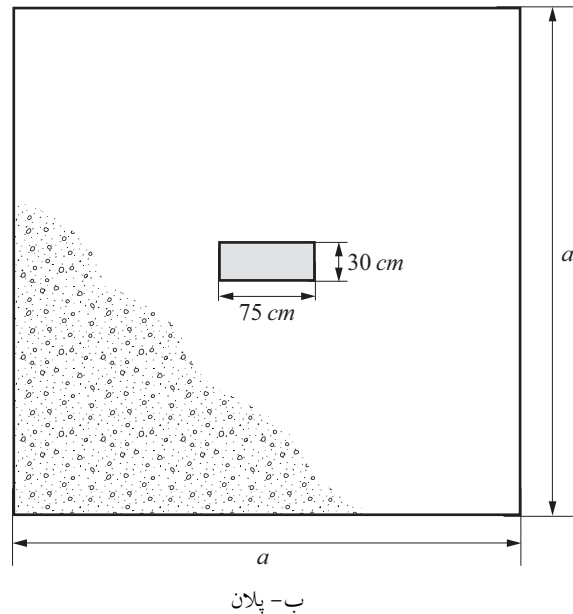
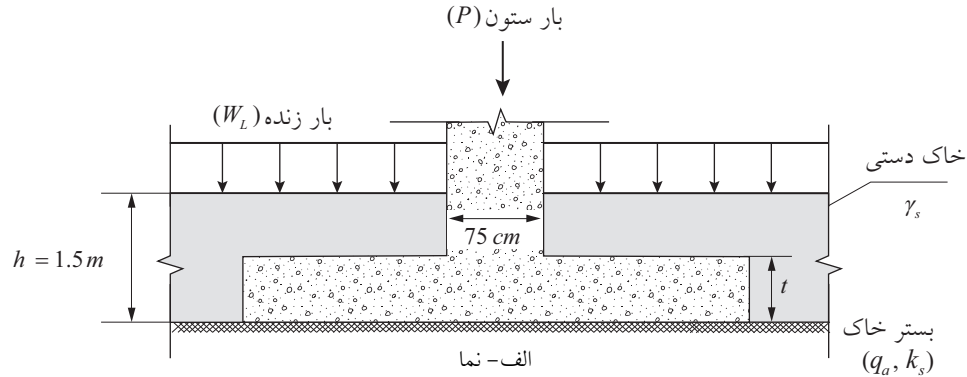
- آشنایی با روند تحلیل و طراحی یک پی منفرد براساس آیین‌نامه ACI 318
- تعریف خطوط شبکه در برنامه SAFE
- تعریف مشخصات اصلی مانند مصالح و مقاطع
- معرفی حالت‌های بار غیر خطی حذف کشش خاک
- طراحی پی براساس نوارهای طراحی
- کنترل برش منگنه‌ای
- نمایش خروجی‌های گرافیکی

این مثال شروعی بر نحوه مدل‌سازی پی‌ها در برنامه SAFE است. با ارائه‌ی حل‌های دستی سعی می‌شود که روند تحلیل و طراحی در برنامه SAFE

روشن‌تر شود.

### ۱-۲- هندسه پی

پی در نظر گرفته یک منفرد مربعی است که تحت اثر بارهای محوری فشاری ثقلی قرار گرفته است. ضخامت پی نیز ثابت است. یک ستون  $75 \times 30 \text{ cm}$  نیروی وارده را به ستون انتقال می‌دهد. در شکل ۱-۱ هندسه پی از دو نمای مختلف نشان داده شده است. ابعاد دقیق پی و ضخامت در جریان عملیات تحلیل و طراحی دستی بدست خواهند آمد.



شکل ۱-۱- هندسه پی (نما و پلان)

مشخصات مصالح و بارهای وارد بر این پی در بخش‌های بعدی معرفی خواهد شد. ستون قرار گرفته روی پی نیز بتنی است.

### ۱-۳- مشخصات مصالح

مصالح بتنی ستون و پی یکسان است. مشخصات این مصالح بتنی برای پروژه حاضر در جدول ۱-۱ نشان داده شده است. مشخصات میلگردهای طولی بکار رفته در پی نیز در این جدول نشان داده شده‌اند.

جدول ۱-۱- مشخصات مصالح بتنی و میلگردها

واحد	مقدار	مشخصه	مصالح
$kg / m^3$	2500	$W_c$	بتن
$kg / cm^2$	$2.18 \times 10^5$	$E_c$	
بی‌بعد	0.20	$v_c$	
$kg / cm^2$	210	$f'_c$	
$kg / cm^2$	$2 \times 10^6$	$E_s$	میلگرد
بی‌بعد	0.2	$v_s$	
$kg / cm^2$	4000	$f_y$	
$kg / cm^2$	5000	$f_u$	

برای خاک بستر نیز مشخصات براساس آزمایش مکانیک خاک بدست می‌آیند. در این مثال مقاومت مجاز ( $q_a$ ) و ضریب بستر ( $k_s$ ) خاک به ترتیب برابر  $2.2 kg / cm^2$  و  $2.5 kg / cm^3$  فرض می‌شوند. این مشخصات در تعیین ابعاد پی نقش اساسی را ایفا می‌کنند. در بارگذاری پی فرض می‌کنیم که چگالی متوسط خاک روی پی و خود پی ( $\gamma_s$ ) برابر  $2100 kg / cm^3$  باشد، این چگالی در محاسبه وزن واحد سطح مرده و زنده روی پی به کار خواهد رفت.

### ۱-۴- بارگذاری پی

بار وارد بر پی از بار متمرکز وارد بر ستون بارهای سطحی ناشی از بار زنده و بار مرده خاک و وزن پی ناشی می‌شود. در جدول ۱-۲ بارهای متمرکز مرده و زنده روی ستون نشان داده شده‌اند.

جدول ۱-۲- بارهای متمرکز وارد بر ستون

واحد	مقدار	بار
ton	160	مرده
ton	125	زنده

بار زنده روی پی نیز برابر  $500 \text{ kg} / \text{m}^2$  در نظر گرفته می‌شود. بار معادل مرده ناشی از وزن خاک و بستر پی نیز به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$w_D = \gamma_s h = (2100)(1.5) = 3150 \text{ kg} / \text{m}^2$$

بارهای سطحی وارد بر پی با عکس‌العمل مشابهی از طرف بستر خاک مواجه می‌شوند. این بارهای سطحی لنگر و برشی در پی ایجاد نمی‌کنند و تنها باید در کنترل تنش مجاز خاک در نظر گرفته شوند.

### ۱-۵- طراحی دستی پی

در این قسمت در مراحل مختلفی ابعاد، ضخامت و میلگردهای طولی پی در دو جهت طراحی می‌شوند. در طراحی از آیین‌نامه‌ی ACI 318-08 استفاده خواهد شد. ابعاد بدست آمده در این مرحله برای ساخت مدل SAFE و انجام کنترل‌های لازم در این نرم‌افزار بکار خواهند رفت.

### ۱-۵-۱- کنترل فشار خاک

اولین مرحله در طراحی پی‌ها کنترل فشار خاک و تعیین ابعاد پی است. تنش مجاز خاک معیار تعیین ابعاد پی است. تنش ناشی از بارهای سرویس (بارهای بدون ضریب) باید از تنش مجاز خاک کمتر باشد. فشار وارد از طرف سربار زنده و بار معادل خاک روی پی و وزن پی به صورت یک تنش از تنش مجاز خاک کاسته می‌شود، زیرا قسمتی از ظرفیت خاک باید صرف خنثی‌سازی این فشار شود.

$$q_a = 2.2 - (3150 + 500) \times 10^{-4} = 1.835 \text{ kg} / \text{cm}^2 \text{ (اصلاح شده)}$$

$$P_{Service} = P_D + P_L = 160 + 125 = 285 \text{ ton}$$

$$q = \frac{P_{Service}}{A} < q_a \Rightarrow \frac{285 \times 10^3}{A} \leq 1.835$$

$$A \geq \frac{285 \times 10^3}{1.835} = 155313.35 \text{ cm}^2 \rightarrow a^2 \geq 155313.35 \text{ cm}^2$$

$$a \geq 394.1 \text{ cm} \rightarrow \text{use } a = 400 \text{ cm}$$

فشار خاک براساس بعد رند شده به صورت زیر بدست می‌آید.

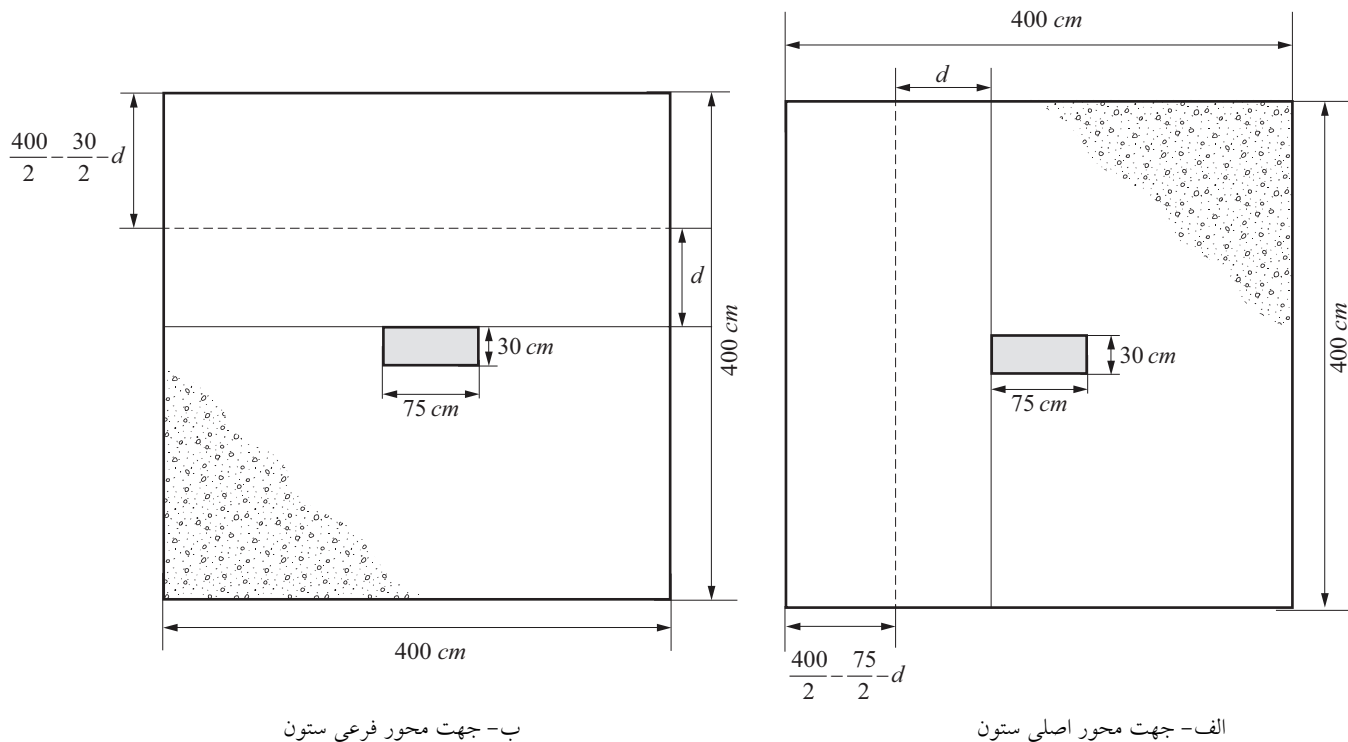
$$q = \frac{P_{Service}}{A} = \frac{285 \times 10^3}{(400)^2} = 1.78 \text{ kg} / \text{cm}^2 < q_a = 1.835 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

بنابراین با ابعاد انتخاب شده تنش موجود تحت بارهای سرویس از فشار مجاز خاک کمتر است. ضخامت پی تأثیر قابل توجهی در مقدار تنش خاک زیر پی ندارد. تنها اثر ضخامت خاک در پی‌های الاستیک این است که افزایش ضخامت باعث توزیع یکنواخت‌تر تنش می‌شود.

### ۱-۵-۲- کنترل برش یک‌طرفه

ضخامت پی براساس طراحی برای برش یک‌طرفه و دوطرفه تعیین می‌شود. ضخامت پی و مقاومت فشاری بتن نقش اصلی را در طراحی برشی پی بازی

می‌کنند. در شکل ۱-۲ مقاطع بحرانی کنترل برش یک‌طرفه پی منفرد در نظر گرفته شده در این مثال نشان داده شده‌اند. مانند طراحی تیرها، فاصله‌ی مقطع بحرانی کنترل برش یک‌طرفه از بر تکیه‌گاه (در اینجا لبه‌ی ستون) برابر عمق مؤثر پی برابر  $d$  است.



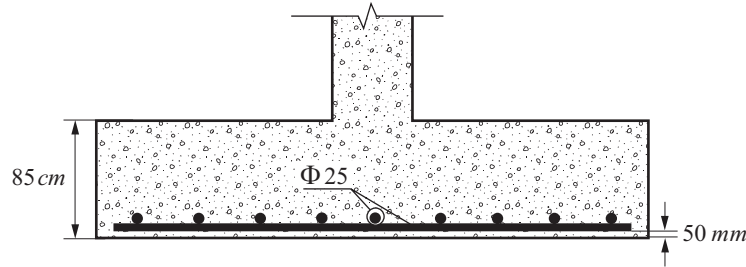
شکل ۱-۲- مقاطع بحرانی برش یک‌طرفه

برای طراحی ضخامت و کنترل برش یک‌طرفه پی، باید با سعی و خطا مقدار مورد نیاز برای ضخامت بدست آید. در این قسمت برای سادگی ضخامت  $85\text{cm}$  را برای پی در نظر می‌گیریم. براساس این ضخامت برش یک‌طرفه پی کنترل خواهد شد. چون بعد پی در جهت فرعی کمتر از جهت اصلی است. مقدار برش در جهت فرعی (شکل ۱-۲-ب) بیشتر از جهت اصلی است. به همین خاطر در این قسمت این جهت مورد توجه خواهد بود. برای طراحی پی باید از بارهای ضریب‌دار استفاده شود.

$$P_u = 1.2P_D + 1.6P_L = (1.2)(160) + (1.6)(125) = 392\text{ton}$$

$$q_u = \frac{P_u}{A} = \frac{392000}{(400)^2} = 2.45\text{ kg / cm}^2$$

فشار خاک ضریب‌دار فوق در طراحی برشی و خمشی پی بکار خواهد رفت. برای محاسبه برش یک‌طرفه پی به ضخامت مؤثر پی به جای ضخامت کل پی نیاز است. با توجه به مبحث نهم مقررات ملی، پوشش خالص بتن روی میلگرد برای پی‌ها در شرایط محیطی متوسط 50mm است. با فرض استفاده از میلگرد طولی  $\Phi 25$  ضخامت مؤثر پی مانند شکل ۳-۱ بدست می‌آید.



شکل ۳-۱- تعیین ضخامت مؤثر پی

با توجه به شکل ۳-۱ ضخامت مؤثر پی برای دو جهت پی به صورت زیر بدست می‌آید.

$$d_1 \text{ (جهت اصلی ستون)} = 85 - 50 - \frac{2.5}{2} = 78.75 \text{ cm}$$

$$d_2 \text{ (جهت فرعی ستون)} = 85 - 50 - 2.5 - \frac{2.5}{2} = 76.25 \text{ cm}$$

$$d_{\text{average}} = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{78.75 + 76.25}{2} = 77.5 \text{ cm}$$

از ضخامت مؤثر فوق در طراحی برشی (یک‌طرفه یا دوطرفه) استفاده خواهد شد. ظرفیت برشی بتن معمولاً در پی‌ها برای مقابله با نیروی برشی ضریب‌دار بکار گرفته می‌شود و میلگرد برشی برای این منظور طراحی نمی‌شود.

$$V_u = (2.45)(400)\left(\frac{400}{2} - \frac{30}{2} - 77.5\right) = 105350 \text{ kg} = 105.35 \text{ ton}$$

ظرفیت برشی بتن به صورت زیر بدست می‌آید.

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}b_wd = (0.53)(\sqrt{210})(400)(77.5) = 238093 \text{ kg} = 238.1 \text{ ton}$$

$$\phi V_n = \phi V_c = (0.75)(238.1) = 178.57 \text{ ton}$$

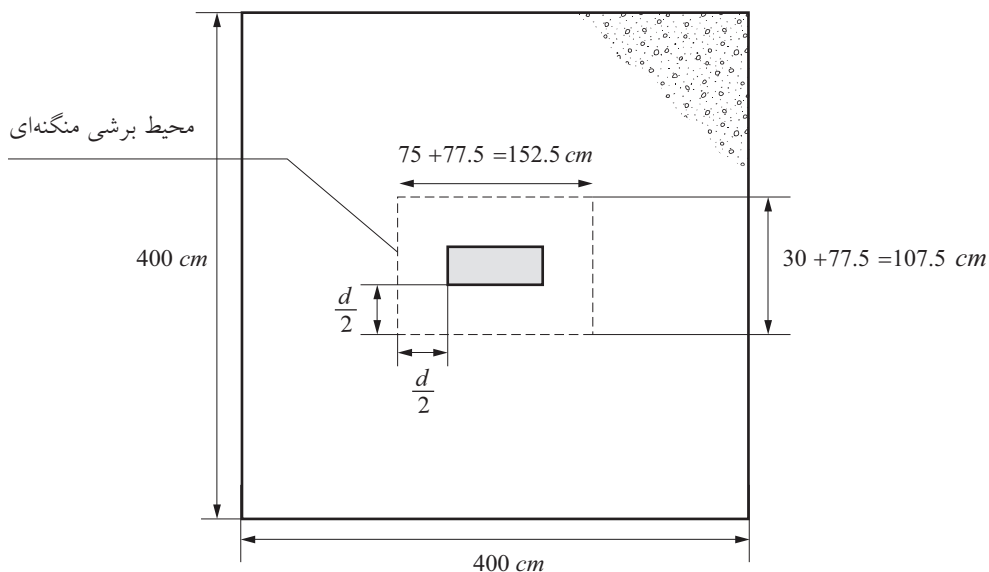


$$V_u = 105.35 \text{ ton} < \phi V_n = 178.57 \text{ ton}$$

دقت داشته باشید که علیرغم اینکه  $V_u > \phi V_c / 2$  است، نیازی به استفاده از میلگرد برشی حداقل نیست. پی‌ها، دال‌ها و تیرچه‌ها طبق آیین‌نامه‌ی ACI در محدوده  $\phi V_c < V_u < \frac{\phi V_c}{2}$  از میلگرد حداقل برشی معاف هستند.

### ۱-۵-۳- کنترل برش دوطرفه

برش دوطرفه یا منگنه‌ای معمولاً تعیین‌کننده‌ی اصلی ضخامت پی است. در شکل ۱-۴ محیط بحرانی برش منگنه‌ای اطراف ستون نشان داده شده است. این محیط برش منگنه‌ای براساس ضخامت مؤثر  $77.5 \text{ cm}$  که در مرحله قبلی فرض شد، بدست آمده است.



شکل ۱-۴- محیط برش منگنه‌ای اطراف ستون

با توجه به اینکه لنگری به ستون اعمال نمی‌شود، نیازی به محاسبه‌ی سهم برش لنگر انتقال یافته به برش منگنه‌ای و محاسبات ممان اینرسی محیط برش منگنه‌ای نیست.

$$b_o = 2(152.5 + 107.5) = 520 \text{ cm} \quad \text{و} \quad d = 77.5 \text{ cm}$$

$$V_u = 392000 - (2.45)(107.5)(152.5) = 351835.3 \text{ kg} = 351.84 \text{ ton}$$

ظرفیت برش منگنه‌ای پی نیز به صورت زیر بدست می‌آید.

$$V_c = \min \begin{cases} (2 + \frac{4}{\beta_c})(0.265\sqrt{f'_c})b_o d \\ (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2)(0.265\sqrt{f'_c})b_o d \\ (4)(0.265\sqrt{f'_c})(b_o d) \end{cases}$$

ضرایب بکار رفته در روابط فوق به صورت زیر بدست می‌آیند.

$$\beta_c = \frac{75}{30} = 2.5$$

$$\alpha_s = 40 \text{ (ستون میانی)}$$

$$V_c = \min \begin{cases} (2 + \frac{4}{2.5})(0.265\sqrt{f'_c})b_o d = (3.6)(0.265\sqrt{f'_c})b_o d \\ (\frac{40 \times 77.5}{520} + 2)(0.265\sqrt{f'_c})b_o d = (7.96)(0.265)\sqrt{f'_c}b_o d \\ (4)(0.265\sqrt{f'_c})b_o d \end{cases}$$

$$V_c = (3.6)(0.265\sqrt{210})(520)(77.5) = 557138.4 \text{ kg} = 557.14 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = (0.75)(557.14) = 417.86 \text{ ton}$$

$$\text{Critical Ratio} = \frac{V_u}{\phi V_c} = \frac{351.84}{417.86} = 0.841 < 1.0$$

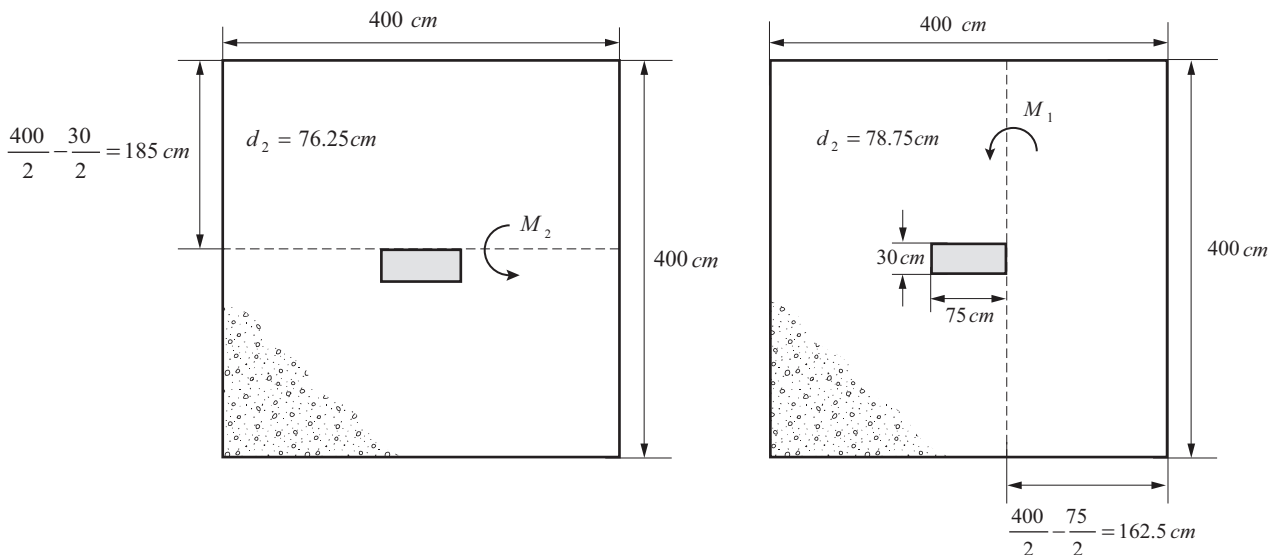
بنابراین ضخامت در نظر گرفته شده برای کنترل برش منگنه‌ای نیز کافی است.

### ۱-۵-۴- طراحی میلگرد طولی

پس از تعیین ابعاد و ضخامت پی، می‌توان در این مرحله مساحت میلگرد طولی مورد نیاز در پی را محاسبه کرد. فشار ضریب‌دار خاک زیر پی

$(2.45 \text{ kg/cm}^2)$  در طراحی میلگرد بکار خواهد رفت. در شکل ۱-۵ مقاطع بحرانی کنترل میلگردهای طولی و عرضی پی نشان داده شده‌اند. با توجه به

ابعاد پی و ستون، جهت عرضی (محور فرعی ستون) در طراحی میلگرد خمشی بحرانی‌تر از جهت طولی است.



ب- جهت فرعی ستون

الف- جهت اصلی ستون

### شکل ۱-۵- مقاطع بحرانی طراحی میلگردهای طولی

همانطور که قبلاً عنوان شد عمق مؤثر پی برای طراحی میلگردهای طولی و عرضی یکسان نیست. در شکل ۱-۵ ضخامت‌های مؤثر جهت‌های اصلی و فرعی پی نشان داده شده‌اند. لنگرهای طراحی  $M_1$  و  $M_2$  به صورت زیر بدست می‌آیند.

$$M_1 = \left(\frac{1}{2}\right)(2.45)(400)(162.5)^2(10^{-5}) = 129.40 \text{ ton.m}$$

$$M_2 = \left(\frac{1}{2}\right)(2.45)(400)(185)^2(10^{-5}) = 167.70 \text{ ton.m}$$

برای لنگر بحرانی  $M_2$  مساحت میلگرد طولی مورد نیاز به صورت زیر بدست می‌آید.

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{167.7 \times 10^2}{(0.9)(400)(76.25)^2} = 8.01 \text{ kg / cm}^2$$

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85 f'_c}} \right)$$

$$\rho = \frac{(0.85)(210)}{4000} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(8.01)}{(0.85)(210)}} \right) = 0.00205$$

$$\rho \text{ (مساحت ناخالص)} = \frac{d}{t} \times 0.00205 = \frac{76.25}{85} \times 0.00205 = 0.00184$$

برای پی‌ها با میلگرد دارای مقاومت  $4000 \text{ kg/cm}^2$ ، حداقل میلگرد مورد نیاز 0.0018 است.

$$\rho = 0.00184 > \rho_{\min} = 0.0018$$

$$A_s = \rho b d = (0.00184)(400)(76.25) = 56.10 \text{ cm}^2$$

$$\text{Try } 12\Phi 25 = (12)(4.9) = 58.8 \text{ cm}^2$$

اگر محاسبات برای لنگر  $M_1$  نیز انجام شود، درصد فولاد در مساحت ناخالص برابر 0.00136 بدست می‌آید که از مقدار حداقل 0.0018 کمتر است. در این جهت نیز استفاده از  $12\Phi 25$  مناسب خواهد بود.

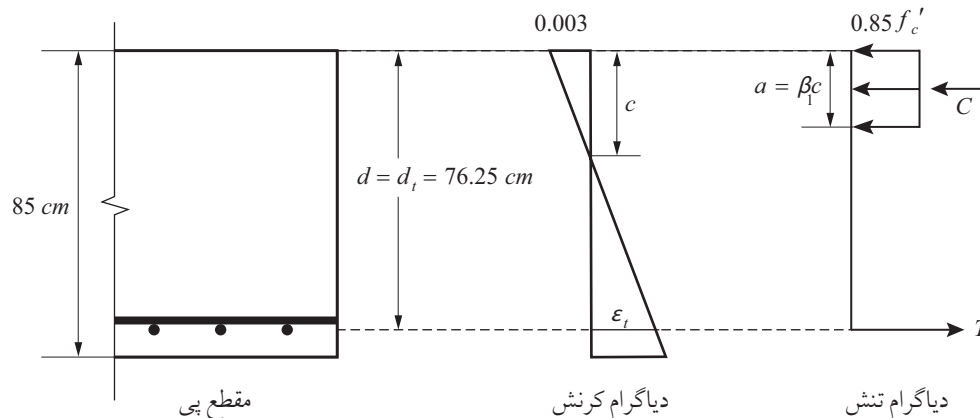
محاسبات میلگرد براساس این فرض انجام شد که شکست نرم (شکل‌پذیر) در طراحی حاکم است. در ادامه وجود شکست نرم (کنترل کششی) در طراحی خمشی انجام شده برای لنگر  $M_2$  بررسی خواهد شد. شکل ۱-۶ جزئیات محاسبات را نشان می‌دهد.

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{(58.8)(4000)}{(0.85)(210)(400)} = 3.29 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{3.29}{0.85 (\text{for } f'_c = 210)} = 3.88 \text{ cm}$$

$$\frac{\epsilon_t + 0.003}{d_t} = \frac{0.003}{c} \Rightarrow \epsilon_t = \left( \frac{0.003}{c} \right) d_t - 0.003 = \frac{0.003}{3.88} (76.25) - 0.003 = 0.056 > \epsilon_{t, \min} = 0.005$$

بنابراین فرض انجام شده برای شکست نرم و استفاده از  $\phi = 0.9$  مناسب بوده است.



شکل ۱-۶- کنترل شکل‌پذیری طراحی

## ۱-۵-۵- کنترل طول مهاری

طول مهاری نسبت به مقطع بحرانی طبق بند 15.6.3 به صورت زیر بدست می‌آید. این طول نسبت به وجه ستون سنجیده می‌شود.

$$\ell_d = \left[ \frac{3}{40} \times \frac{f_y}{0.265 \sqrt{f'_c}} \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left( \frac{c + k_{tr}}{d_b} \right)} \right] d_b$$

پوشش خالص (روی میلگرد) برابر 5 cm فرض شده است. بر این اساس فاصله مرکز به مرکز میلگردها به صورت زیر بدست می‌آید.

$$\text{فاصله مرکز به مرکز میلگردها} = \frac{400 - (2)(5.0) - (2)(1.25)}{11} = 35.22 \text{ cm}$$

$$c = \min \begin{cases} (5.0) + \left( \frac{2.5}{2} \right) = 6.25 \text{ cm} \\ \frac{35.22}{2} = 17.61 \text{ cm} \end{cases} = 6.25 \text{ cm}$$

$k_{tr} = 0$  (میلگرد برشی (عرضی) وجود ندارد)

$$\frac{c + k_{tr}}{d_b} = \frac{6.25}{2.5} = 2.5$$

$\alpha = 1.0$  (کمتر از 30 cm بتن زیر میلگرد قرار دارد)

$\beta = 1.0$  (میلگرد بدون پوشش اپوکسی)

$$\alpha \beta = 1.0 < 1.7$$

$\gamma = 1.0$  (میلگرد بزرگتر از شماره 22)

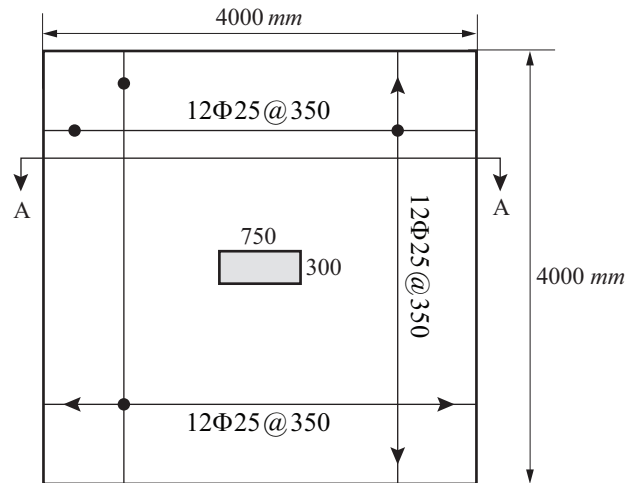
$\lambda = 1.0$  (بتن با وزن معمولی)

$$\ell_d = \left[ \frac{3}{40} \times \frac{4000}{0.265 \sqrt{210}} \frac{1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0}{2.5} \right] (2.5) = 78.12 \text{ cm} > 30 \text{ cm}$$

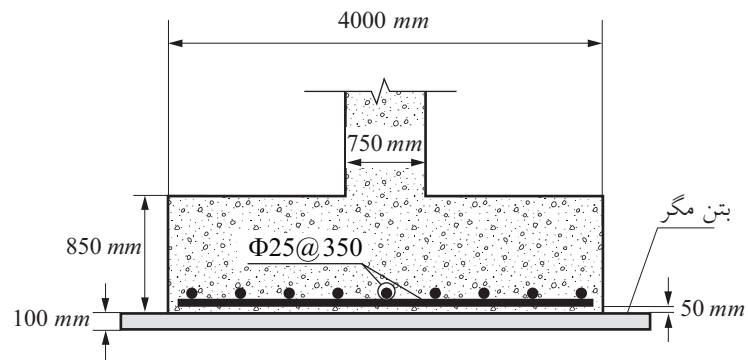
در جهت عرضی طولی موجود  $\frac{400}{2} - \frac{75}{2} - 5 = 157.5 \text{ cm}$  از طول مهاری 78.12 cm بزرگتر است و این طول برای مهار میلگرد کافی است.

پس از انجام کنترل‌های لازم برای فشار خاک، ضخامت پی و مساحت میلگرد طولی مورد نیاز برای نقشه‌ی کلی پی مانند شکل ۱-۷ خواهد بود.

ادامه‌ی این فصل، ابعاد بدست آمده در این قسمت در برنامه‌ی SAFE مدل‌سازی می‌شوند و طراحی نرم افزار با محاسبات دستی مقایسه می‌شوند.



الف- پلان پی



ب- مقطع A-A

شکل ۱-۷- جزئیات سازه‌ای پی طراحی شده

### ۱-۶- مدل‌سازی پی در SAFE

در بخش حاضر در مراحل متوالی مدل پی در برنامه‌ی SAFE ساخته می‌شود. اکثر دستورهای لازم برای ساخت هندسه‌ی پی، معرفی مشخصات، اختصاص مشخصات و بارها و مشاهده‌ی خروجی‌ها حاصل از تحلیل و طراحی پی در نهایت با نتایج محاسبات دستی مقایسه می‌شوند.

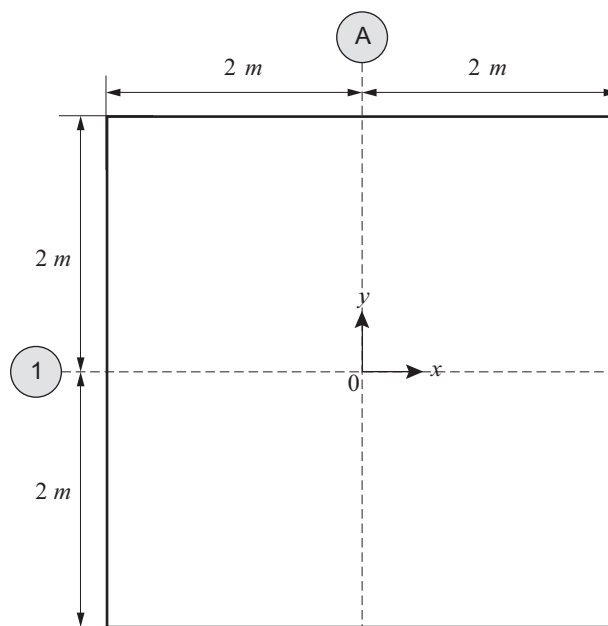
## ۱-۶-۱- شروع ساخت مدل

اولین مرحله در ساخت مدل، مشخص کردن خطوط شبکه، تنظیم واحدها و آرایش مناسب پنجره‌ی نمایش است. این مرحله برای ساخت هر مدلی در برنامه‌ی SAFE لازم است. ایجاد خطوط شبکه برای مدل‌سازی ضروری نیست، اما وجود این شبکه به شکل قابل توجهی عملیات مدل‌سازی را ساده‌تر می‌کند. در شکل ۸-۱ موقعیت دستگاه مختصات و خطوط شبکه برای پی منفرد این مثال نشان داده شده است.

دو خط شبکه‌ی لبه‌های پی در جهت‌های  $X$  و  $Y$  از نوع فرعی و خط شبکه مرکزی از نوع اصلی معرفی می‌شوند. دستگاه مختصات نیز در مرکز پی قرار داده شده است و برای بعضی از خطوط شبکه از مختصات منفی استفاده خواهد شد.

۱- برنامه SAFE را راه‌اندازی کنید.

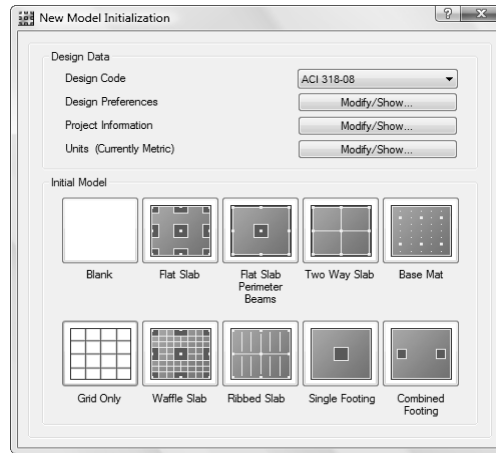
۲- دستور `File > New Model` را اجرا کنید.



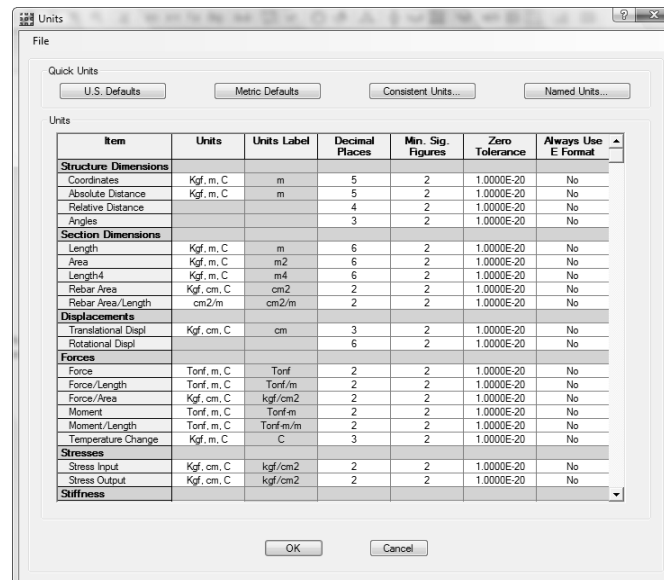
شکل ۸-۱- خطوط شبکه و دستگاه مختصات

۳- در جعبه ظاهر شده مانند شکل ۹-۱ تنظیم‌های زیر را انجام دهید:

- آیین‌نامه‌ی ACI 318-08 را از کشوی Design Code انتخاب کنید.
- روی دکمه Project Information کلیک کنید. در جعبه‌ی باز شده می‌توان مشخصات پروژه از قبیل نام، کارفرما و مهندس طراحی و غیره را وارد کرد. وارد کردن این اطلاعات اختیاری است. آیتم‌های ستاره‌دار در صفحات چاپ شده برای خروجی استفاده می‌شوند. در این قسمت در سلول Model Name نام Example-01 و در سلول Model Description عبارت Single Footing را وارد کنید.



شکل ۹-۱- تنظیم‌های مدل اولیه



شکل ۱۰-۱- تنظیم واحدها

- حال روی کشوی گزینه Units کلیک کنید. در جعبه‌ی باز شده می‌توان واحدهای مناسب برای دریافت ورودی‌ها و چاپ و نمایش خروجی‌ها را مشخص کرد. ابتدا روی دکمه‌ی Consistent Units کلیک کنید. واحد  $kgf - m$  را انتخاب کرده و روی دکمه OK کلیک کنید. سپس مانند شکل ۱۰-۱ واحدهای موجود را تغییر دهید. از کشوی Decimal Places می‌توان تعداد ارقام اعشار نمایش ورودی‌ها یا خروجی‌ها را