

برای فراخوانی فایل خروجی برنامه‌ی Etabs در برنامه‌ی Safe، دستور File-Import-SAFE v6/v7 F2K File را در برنامه‌ی Safe اجرا و سپس نام فایل ذخیره شده را انتخاب نمائید. برنامه Safe آکس‌ها و نقاط تکیه‌گاهی را به همراه عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی فراخوانی می‌نماید.

مدل‌سازی، تحلیل و طراحی فونداسیون نواری ساختمان بتنی ۴ طبقه (سه طبقه روی پیلوت + خرپشته) توسط نرم‌افزار Safe8.1.0

الف - توضیحات

توجه: فونداسیون بتن آرمه و پی همان خاک زیر فونداسیون است.

- تنش مجاز خاک محل اجرای پروژه را $q_a = 1.5 \frac{kg}{cm^2}$ انتخاب می‌کنیم.
- از آنجایی که در اکثر پروژه‌ها گزارش کاملی از مشخصات مکانیکی خاک در دسترس نمی‌باشد، از رابطه‌ی بسیار تقریبی Bowels، در تعیین ضریب بستر (ضریب واکنش خاک یا مدول خاک زیر فونداسیون) می‌توان استفاده نمود:

$$K_s = 1.2q_a \quad 1-1$$

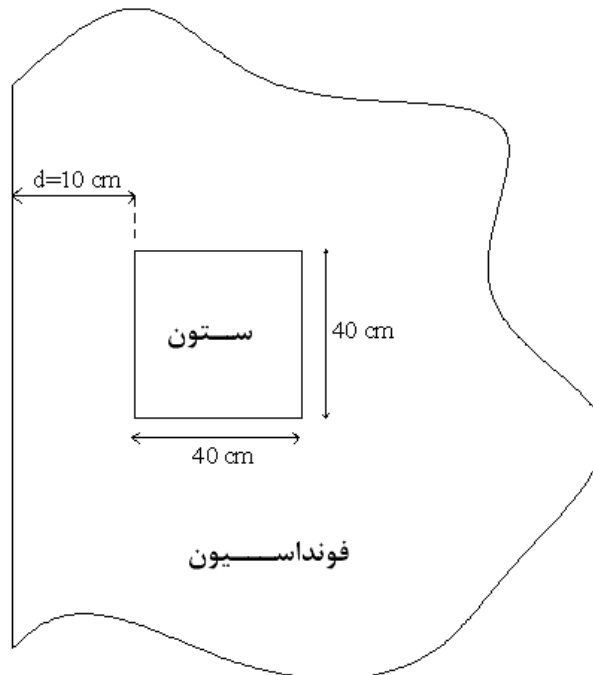
که برای خاک این پروژه $K_s = 1.2 \times 1.5 = 1.8 \frac{kg}{cm^3} = 1.8 \times 10^6 \frac{kg}{m^2}$ به دست می‌آید.

- ساختمان از سمت شمال و جنوب مجاور همسایه می‌باشد. بر اساس بند ۱-۶-۳ آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰ (ویرایش سوم)، فاصله‌ی هر سازه از مرز زمین مجاور حداقل باید برابر 0.05 ارتفاع آن سازه از روی تراز پایه باشد (درز انقطاع). اما فونداسیون سازه می‌تواند دقیقاً تا مرز زمین همسایه ادامه یابد.

ارتفاع ساختمان از روی تراز پایه (در این پروژه از روی فونداسیون) تا بام برابر 12.7 متر است. پس مقدار بیرون زدگی فونداسیون از ستون‌های سازه حداقل باید برابر مقدار زیر باشد:

$$d_{min} = 0.005H = 0.005 \times 12.7 = 0.0635m = 6.35 \text{ cm} \cong 10 \text{ cm} \quad 2-1$$

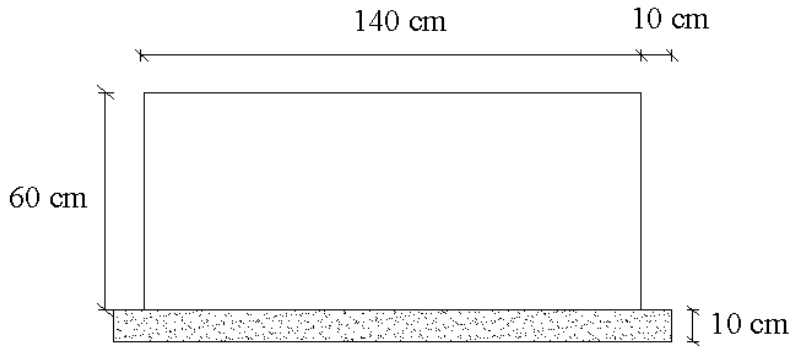
که مقدار 10 سانتیمتر را در جهت اطمینان و روند شدن انتخاب می‌کنیم. طبق شکل زیر:



شکل ۱-۱- بیرون زدگی فونداسیون از سازه

میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری

به عنوان حدس اولیه ضخامت فونداسیون (عمق فونداسیون) را ۶۰ و عرض فونداسیون را ۱۴۰ سانتیمتر فرض می‌کنیم. ابعاد ستون متصل به فونداسیون را طبق خروجی‌های طراحی برنامه‌ی Etabs، ۴۰ سانتیمتر باید در نظر بگیریم. برش مقطع اولیه فونداسیون در شکل زیر قابل مشاهده است:



شکل ۱-۲- برش از فونداسیون

نکته: طبق بند ۹-۱۷-۳-۹ مبحث نهم، ضخامت فونداسیون‌ها نباید کمتر از ۲۵ سانتیمتر باشد.

کاربری طبقه‌ی همکف این سازه پارکینگ می‌باشد. برای بلوکاژ کف آن به ۳۰ سانتیمتر کف‌سازی نیاز است:

بار مرده‌ی واحد سطح روی فونداسیون..... 270 kg/m^2

بار زنده‌ی پارکینگ..... 500 kg/m^2

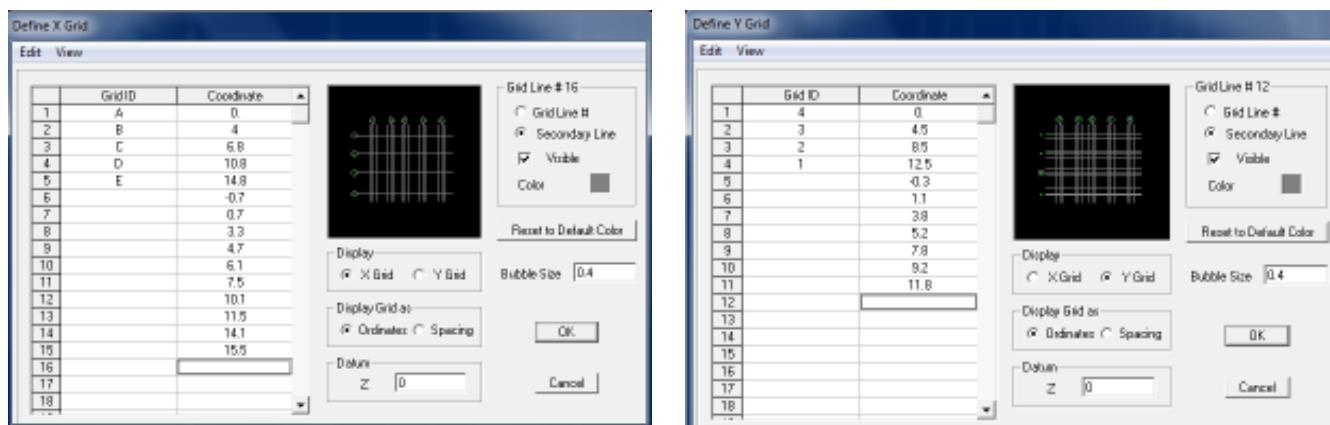
ب- مدل‌سازی

برای مشاهده‌ی بارهای وارد شده بر عناصر نقطه‌ای، دستور Display-Show Loads را اجرا و در پنجره‌ی ظاهر شده حالت بار دلخواهی را انتخاب کنید. برای مشاهده بهتر، روی گزینه‌ی 3-d کلیک نمایید. مولفه‌های نیرویی وارد بر عناصر نقطه‌ای شامل: یک مولفه‌ی قائم نیروی محوری (F_z) و دو مولفه‌ی افقی لنگر خمشی حول محور X, Y (M_x, M_y) می‌باشند. پلان فونداسیون طبق حدس اولیه در زیر نشان داده شده است:

به عنوان یک حدس اولیه عرض فونداسیون نواری را ۱/۴۰ سانتی‌متر در نظر می‌گیریم.

۱- معرفی خطوط شبکه‌ی کمکی

به دلیل ایجاد خودکار خطوط شبکه در انتقال اطلاعات از برنامه‌ی Etabs به Safe، نیازی به تعریف خطوط شبکه نیست. برای مشاهده‌ی مختصات خطوط شبکه دستور Edit-Edit Grid را اجرا و پنجره‌های زیر را کامل کنید.



شکل ۴-۱- اضافه کردن خطوط شبکه اضافی جهت ترسیم فونداسیون

۲- معرفی مشخصات

۲-۱- معرفی مشخصات فونداسیون

از جعبه‌ای انتخاب واحدها، واحد kgf-m را انتخاب کنید. دستور Define-Slab Properties را اجرا و سپس در پنجره‌ی ظاهر شده روی دکمه‌ی Add New Property کلیک و پنجره‌ی زیر را عیناً کامل نمایید.

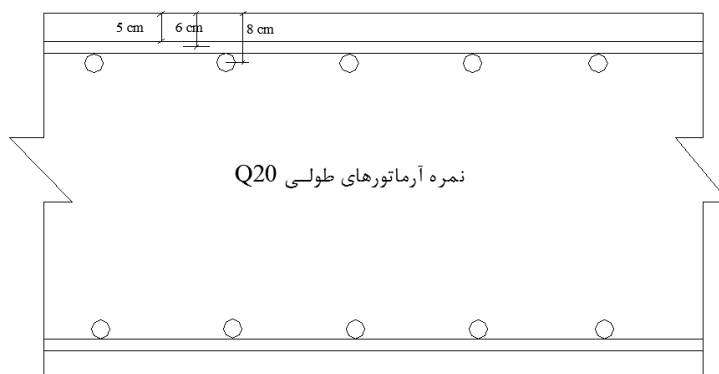
شکل ۴-۱- معرفی مشخصات مقطع فونداسیون

توجه: در قسمت Analysis Property Data مشخصات بتن فونداسیون را باید وارد کرد.

نکته ۱: در تحلیل فونداسیون‌ها، تغییرات مقاومت برشی مقطع فونداسیون باید غیرخطی در نظر گرفته شود (اصل تیموشنکو). با انتخاب گزینه‌ی Thick plate (صفحه‌ی ضخیم)، برنامه‌ی Safe قادر است این تغییرات را مدنظر قرار دهد.

نکته ۲: از آنجایی که در فرایند اجرای فونداسیون، نمی‌توان ترتیب قرارگیری میلگردهای جهت X, Y را مشخص کرد، به همین منظور مقدار پوشش بتن (از آکس میلگردهای طولی) را برای میلگردهای هر دو راستا $\text{Max}(6,8\text{cm})$ معرفی می‌کنیم.

میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری



شکل ۱-۵- نمایش پوشش بتن در مقطع فونداسیون

۲-۲- معرفی مشخصات ستون‌ها

دستور Define-Slab Properties را اجرا و سپس در پنجره‌ی ظاهر شده روی دکمه‌ی Add New Property کلیک و پنجره‌ی زیر را عیناً کامل نمایید.

شکل ۱-۶- معرفی مشخصات ستون

نکته ۱: از آنجایی که وزن بتن ستون از نتایج تحلیل Etabs وارد شده است، پس در جعبه‌ی Unit Weight وزن واحد حجم بتن آن را صفر تایپ کنید.

نکته ۲: در جعبه‌ی Thickness، ارتفاع ستون طبقه‌ی پیلوت (از روی بتن فونداسیون تا زیر آویز تیر طبقه اول) را ۲/۷ متر وارد کنید.

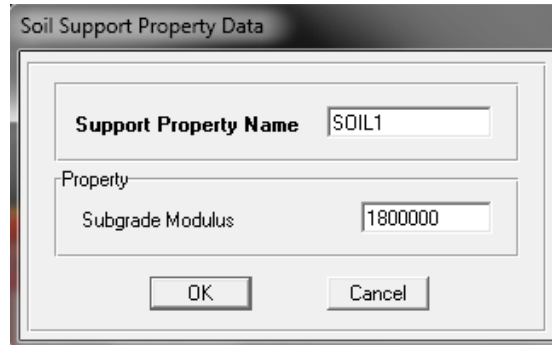
نکته ۳: در قسمت Design Property Data، گزینه‌ی No Design را انتخاب کنید (چون نیازی به طراحی صفحه ستون در محل برخورد با فونداسیون نیست) تا برنامه از طراحی عناصر سطحی ستون‌ها صرف‌نظر کند و لنگر طراحی در لبه‌ی سطح ستون را به عنوان لنگر طراحی آرماتورهای فونداسیون در نظر بگیرد.

میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری

توجه: در تحلیل فونداسیون باید اثرات سختی محوری ستون‌ها ($K_{\Delta} = \frac{EI}{L}$) بر فونداسیون در نظر گرفته شود. جهت در نظر گرفتن سختی محوری مناسب در فصل مشترک ستون و فونداسیون، توسط برنامه‌ی Safe بر اساس قضاوت مهندسی، ارتفاع ستون را حداکثر تا پنج برابر ضخامت فونداسیون محدود نمائید.

$$Thickness \leq 5 \times h \Rightarrow 2.7 < 5 \times 0.6 = 3 \text{ ok}$$

۳-۲- معرفی مشخصات تکیه‌گاه خاکی (مدول خاک پی یا ضریب بستر ارتجاعی یا واکنش خاک (K_s))
دستور Define-Soil Supports را اجرا و سپس در پنجره‌ی ظاهر شده روی دکمه‌ی Add New Property کلیک و پنجره‌ی زیر را عیناً کامل نمائید.



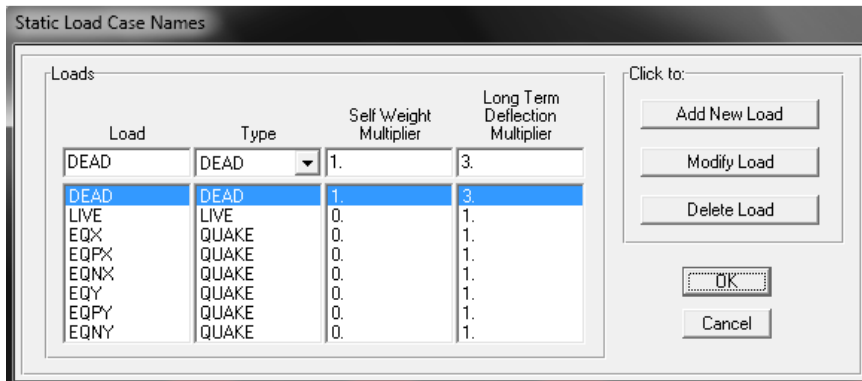
شکل ۱-۷- معرفی ضریب واکنش خاک

$$K_s = 1.2 \times q_a = 1.2 \times 1.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} = 1.8 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

نکته: برای کمتر از ۶ سقف، کارفرما الزامی برای به دست آوردن K_s از آزمایشگاه ندارد. مهندس محاسب می‌تواند مقدار میانگین K_s را برای آن منطقه از نظام مهندسی دریافت کند (طبق پروژه‌های مجاور این پروژه). طبق الزام آیین‌نامه، اگر خاک محل دستی باشد باید حداقل یک گمانه زده شود.

۴-۲- معرفی حالات بار استاتیکی

دستور Define-Static Load Cases را اجرا کنید. طبق شکل زیر حالات بار استاتیکی مورد نیاز از برنامه‌ی Etabs وارد شده‌اند پس نیازی به معرفی حالات بار استاتیکی نیست. اما از آنجایی که در تحلیل و طراحی فونداسیون نیازی به حالت بارهای EQZ, WALL نمی‌باشد، آن‌ها را انتخاب و سپس حذف نمائید.



شکل ۱-۸- معرفی حالات بار استاتیکی

میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری

ضریب Long Term Deflection Multiplier (ضریب افزایش تغییرشکل آنی سازه تحت حالت بار مربوطه) برای در نظر گرفتن عامل خزش در محاسبه‌ی تغییرشکل‌های نهایی دال‌ها می‌باشد.

تعریف خزش (Creep): هرگاه در محدوده‌ی الاستیک بتن، تنش ثابتی وارد شود، تغییرشکل غیرالاستیک در اثر گذشت زمان حاصل می‌شود که به آن خزش گویند. بر اساس آیین‌نامه ACI تغییرشکل نهایی دال به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta_u = \lambda \Delta_e, \lambda = \frac{\xi}{1+50\rho'} \quad 3-1$$

که Δ_u تغییرشکل نهایی دال، Δ_e تغییرشکل آنی دال، λ ضریب خیز دراز مدت دال (Long Term Deflection Multiplier)، ξ ضریب مدت بهره‌برداری و ρ' درصد فولاد فشاری مقطع دال می‌باشد.

توجه: ضریب خیز دراز مدت (λ)، فقط در انجام تحلیل ترک‌خوردگی دال‌ها در محاسبه‌ی تغییرشکل‌های نهایی دال، توسط برنامه، در نظر گرفته می‌شود. فقط در صورتی که با اهداف خاص محاسبه‌ی خیز دراز مدت دال مدنظر است، از این نوع تحلیل (تحلیل المان‌های سطحی با در نظر گرفتن ترک‌خوردگی برای برآورد خیز دراز مدت دال‌ها Cracked Deflection Analysis) استفاده می‌شود. در حالت عادی که ضخامت دال در حد متناسبی اختیار شده باشد، استفاده از این نوع تحلیل الزامی نیست. از آنجایی که در تحلیل فونداسیون‌ها از تحلیل Iterative for uplift (برای حذف کشش احتمالی خاک) استفاده می‌شود، پس در این پروژه این ضریب بی‌تاثیر می‌باشد. تاثیرات خزش فقط در مورد بارهای دائمی (مرده) کاربرد دارد. به همین دلیل است که برنامه به طور پیش‌فرض این ضریب را برای حالت بار مرده برابر ۳ و برای حالت بار زنده و زلزله برابر ۱ فرض کرده است.

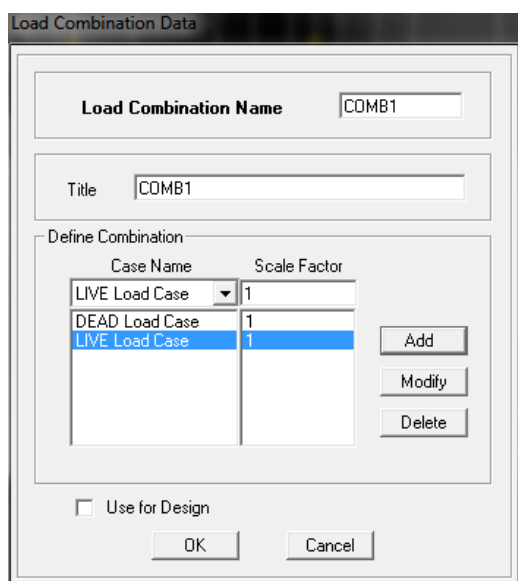
۲-۵- معرفی ترکیب بار جهت کنترل تنش موجود خاک پی و نشست خاک پی

ترکیب بارهای ضریب‌دار جهت طراحی فونداسیون، از برنامه‌ی Etabs وارد شده‌اند و نیازی به معرفی ترکیب بار جهت طراحی فونداسیون نیست. ولی ترکیب بارهای حد بهره‌برداری جهت کنترل نتایج تحلیل مدل (کنترل تنش خاک پی) باید توسط کاربر به برنامه معرفی گردند. ترکیب بارهای حد بهره‌برداری عبارتند از:

COMB1: DL + LL
 COMB2,3: 0.75DL + 0.75LL ± 0.75EQX
 COMB4,5: 0.75DL + 0.75LL ± 0.75EQPX
 COMB6,7: 0.75DL + 0.75LL ± 0.75EQNX
 COMB8,9: 0.75DL + 0.75LL ± 0.75EQY
 COMB10,11: 0.75DL + 0.75LL ± 0.75EQPY
 COMB12,13: 0.75DL + 0.75LL ± 0.75EQNY

که تنش موجود خاک پی، تحت این ترکیبات بارگذاری باید کمتر از تنش مجاز خاک پی (q_a) شود.

برای معرفی این ترکیب بارها دستور Define-Load Combinations را اجرا و ترکیب بارهای فوق را به برنامه معرفی نمائید.



شکل ۱-۹- معرفی ترکیب بار جهت کنترل تنش موجود خاک پی

توجه: از این ۱۳ ترکیب بار در طراحی فونداسیون استفاده نمی شود.

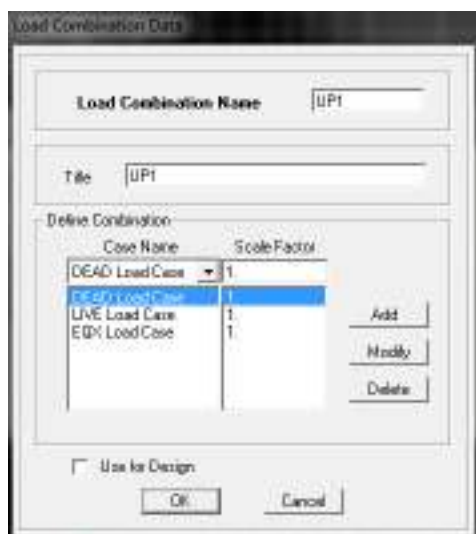
نکته: اگر تنش موجود خاک پی، جوابگو باشد معمولاً نشست خاک پی جوابگو است.

توجه: ترکیب بارهای EZ و Wall که از ETABS به SAFE منتقل شده اند را حذف کنید. چون در طراحی فونداسیون ها نیازی به آنها نیست.

۶-۲- معرفی ترکیب بار جهت کنترل حذف کشش سطحی خاک (Uplift)

از آنجایی که نیاز است بلندشدگی های به وجود آمده در زیر فونداسیون فقط تحت ترکیب بارهای بهره برداری (بدون ضریب) کنترل شوند، پس ترکیب بارهای زیر را جهت انجام کنترل Uplift به برنامه معرفی می کنیم.

UP1,2: DL + LL ± EQX
 UP3,4: DL + LL ± EQPX
 UP5,6: DL + LL ± EQNX
 UP7,8: DL + LL ± EQY
 UP9,10: DL + LL ± EQPY
 UP11,12: DL + LL ± EQNY



میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری

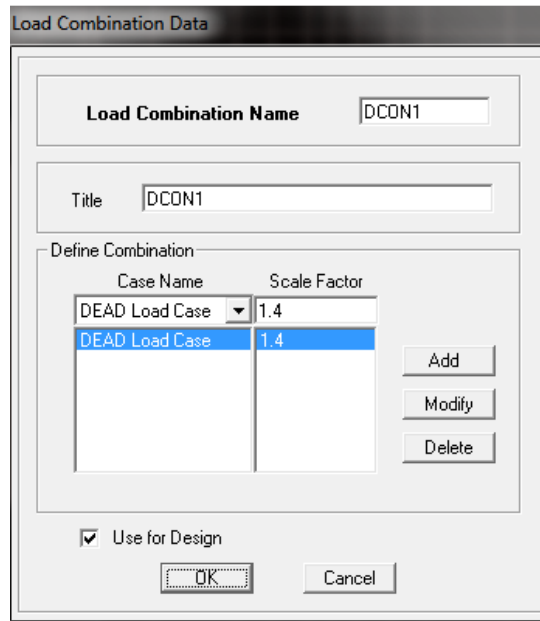
شکل ۱-۱-۱۰- معرفی ترکیب بار جهت کنترل حذف کشش سطحی خاک (Uplift)

توجه: از این ۱۲ ترکیب بار در طراحی فونداسیون استفاده نمی شود.

۷-۲- معرفی ترکیب بار جهت کنترل برش یک طرفه

پس از تحلیل مدل و قبل از انجام طراحی سازه، باید تحت کلیه ترکیب بارهای طراحی کنترل برش یک طرفه انجام گیرد برای این کنترل ترکیب بارهای طراحی را به برنامه معرفی باید کرد.

- DCON1 = 1.4DL
- DCON2 = 1.4DL + 1.7LL
- DCON3,4 = 1.05DL + 1.275LL ± 1.4025EQX
- DCON5,6 = 1.05DL + 1.275LL ± 1.4025EQPX
- DCON7,8 = 1.05DL + 1.275LL ± 1.4025EQNX
- DCON9,10 = 1.05DL + 1.275LL ± 1.4025EQY
- DCON11,12 = 1.05DL + 1.275LL ± 1.4025EQPY
- DCON13,14 = 1.05DL + 1.275LL ± 1.4025EQNY
- DCON15,16 = 0.9DL ± 1.43EQX
- DCON17,18 = 0.9DL ± 1.43EQPX
- DCON19,20 = 0.9DL ± 1.43EQNX
- DCON21,22 = 0.9DL ± 1.43EQY
- DCON23,24 = 0.9DL ± 1.43EQPY
- DCON25,26 = 0.9DL ± 1.43EQNY





شکل ۱-۱-۱۱- معرفی ترکیب بار جهت کنترل برش یک طرفه و جهت طراحی فونداسیون



توجه: از این ۲۶ ترکیب بار علاوه بر کنترل برش یک طرفه و دو طرفه (پانچ)، در طراحی فونداسیون نیز استفاده می شود.

۳- ترسیم المان های سطحی (فونداسیون، ستون و بازشوها)


۳-۱- ترسیم سطح فونداسیون

روی گزینه‌ی  کلیک کرده و در پنجره‌ی شناور Properties Of Object از جعبه‌ی Type Of Area گزینه‌ی Slab و از جعبه‌ی Property مشخصات فونداسیون Slab60 را انتخاب کنید. دقت کنید که گزینه‌ی مغناطیسی  (Snap...) فعال باشد.

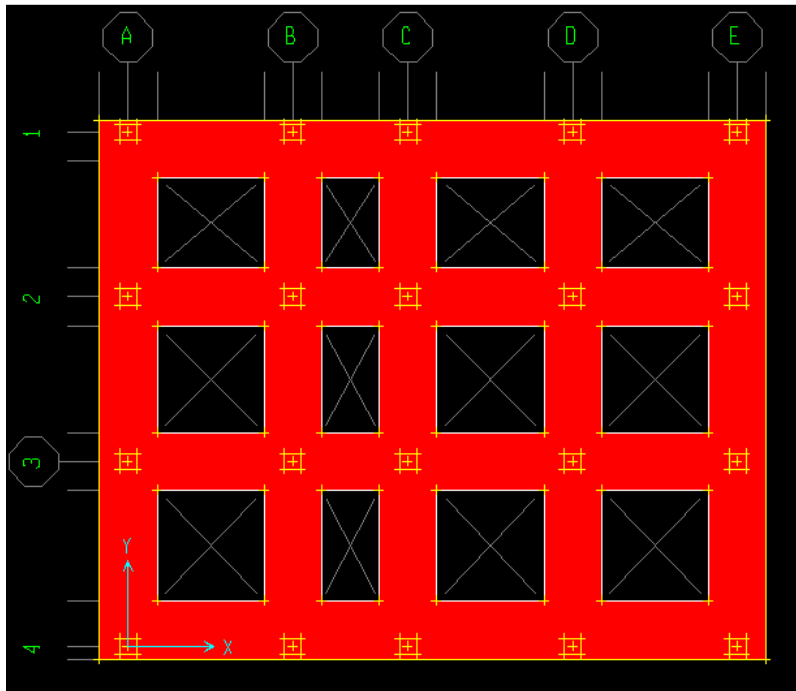
۳-۲- ترسیم سطح بازشوها

روی گزینه‌ی  کلیک کرده و در پنجره‌ی شناور Properties Of Object از جعبه‌ی Type Of Area گزینه‌ی Slab و از جعبه‌ی Property سطح Opening را انتخاب و سپس با کلیک در محل بازشوها آنها را رسم نمایید. در صورت وجود بازشوهای مورب از گزینه‌ی  استفاده کنید.

۳-۳- ترسیم سطح ستونها

روی گزینه‌ی  کلیک کرده و در پنجره‌ی شناور Properties Of Object از جعبه‌ی Type Of Area گزینه‌ی Slab و از جعبه‌ی Property ، Column را انتخاب کنید. ابعاد ستونها در راستای X,Y را ۰/۴ قرار دهید. حال با کلیک در محل ستونها آنها را رسم کنید.


پلان فونداسیون پس از ترسیم فونداسیون، بازشوها و ستونها به صورت زیر قابل مشاهده است:



شکل ۱-۱۲- پلان فونداسیون اولیه

۴- اختصاص مشخصات

۴-۱- اختصاص ضریب واکنش خاک زیر فونداسیون

روی یک نقطه‌ی دلخواه از سطح فونداسیون کلیک نمائید تا انتخاب شود. سپس دستور ... Assign-Soil Support را اجرا کنید و در پنجره‌ی ظاهر شده Soil1 را انتخاب و بر روی دکمه‌ی OK کلیک نمائید. با اجرای این دستور یکسری نقاط سبز رنگ در اطراف سطح فونداسیون ایجاد می‌شود. این نقاط سبز رنگ از طریق کلیک بر روی گزینه‌ی  و سپس برداشتن تیک گزینه‌ی Area Support از پنجره‌ی ظاهر شده قابل حذف از صفحه‌ی نمایش می‌باشند.

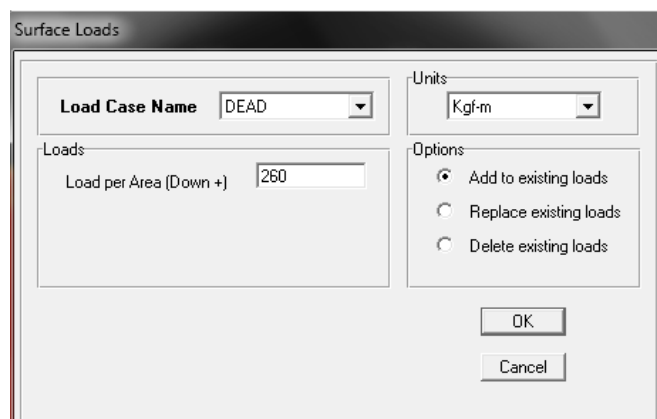
۴-۲- اختصاص مشخصات فونداسیون و ستون‌ها

این اختصاص در هنگام ترسیم این قسمت‌ها از پنجره‌ی شناور انجام شده است.

۵- بارگذاری

۵-۱- اعمال بار گسترده‌ی سطحی

ابتدا با دستور Select-Slab Properties-Slab60-ok کف فونداسیون را انتخاب و سپس دستور Assign-SurfaceLoads را اجرا و پنجره‌ی ظاهر شده را مطابق شکل زیر عیناً کامل نمائید.




شکل ۱-۱۳- اعمال بار سطحی


بار زنده (500 kg/m^2) را نیز به همین ترتیب اختصاص دهید.

توجه: با این روش انتخاب کف فونداسیون، سطح ستون‌ها انتخاب نمی‌گردد. اما از آنجایی که SurfaceLoads بار سطحی را تنها به سطوح سازه‌ای اختصاص می‌دهد پس انتخاب شدن یا نشدن بازشوها و ستون‌ها تاثیری در این انتقال بار نخواهد داشت و در واقع خطا محسوب نخواهد شد. چون بازشوها اصلاً باری را تحمل نمی‌کنند و ستون‌ها تنها بار نقطه‌ای را متحمل می‌گردند. پس می‌توان از دکمه‌ی ALL نیز برای این بارگذاری نیز استفاده کرد.

۶- ترسیم نوارهای طراحی فونداسیون در جهت X,Y

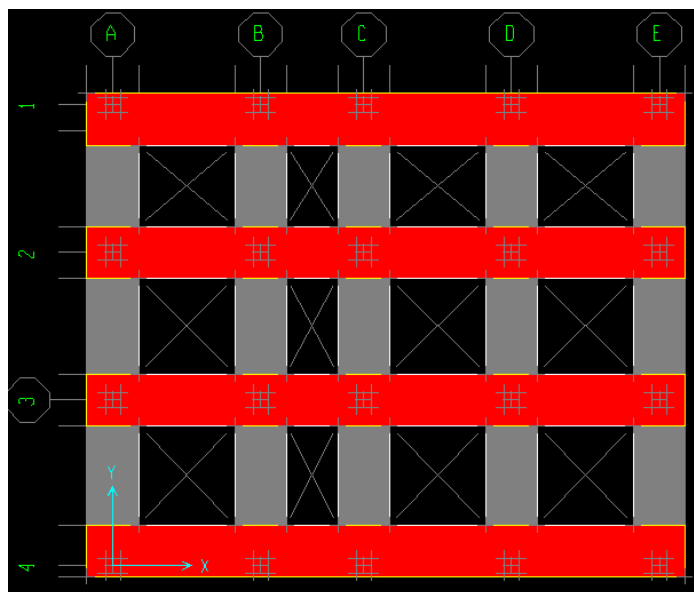
برای ترسیم نوارهای طراحی باید قفل برنامه را شکست تا قابلیت ترسیم نوار ایجاد شود. توجه شود که قبل مرحله تحلیل نیز می‌توان این ترسیم‌ها را انجام داد منتهی برای فرار کردن از ویرایش نوارهای طراحی در صورت ایجاد تغییر در ابعاد فونداسیون‌ها، بهتر است بعد انتخاب مقطع نهایی فونداسیون، نوارهای طراحی فونداسیون را ترسیم کرد.

دستور View-Set X Strip Layer را اجرا و سپس با استفاده از گزینه‌ی  نوارهای طراحی جهت X را رسم نمائید. سپس

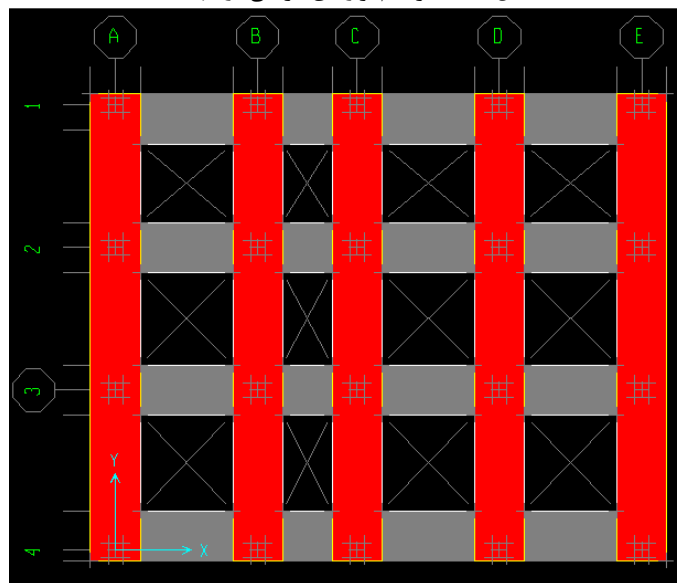
دستور View-Set Y Strip Layer را اجرا و سپس با استفاده از گزینه‌ی  نوارهای طراحی جهت Y را رسم نمائید.

میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری

توجه: برنامه بر روی این نوارهای طراحی، آرما تورهایی مورد نیاز خمشی را پس از فرایند طراحی محاسبه می کند. اگر این نوارهای طراحی ترسیم نشوند برنامه آن قسمت را طراحی نکرده و مساحت آرما تور لازم را ارائه نمی دهد.



شکل ۱-۱۴- ترسیم نوارهای طراحی در جهت X



شکل ۱-۱۵- ترسیم نوارهای طراحی در جهت Y

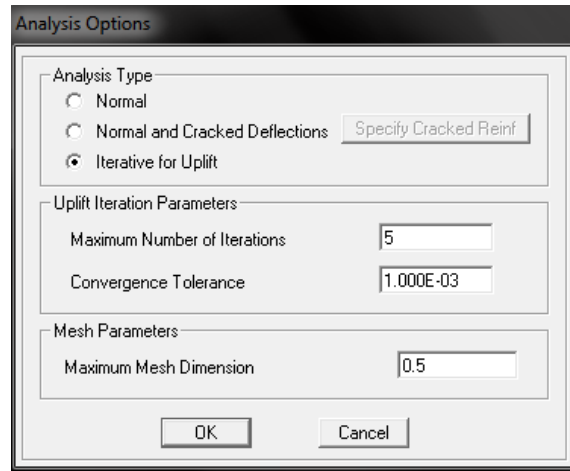
توجه: ترسیم نوارهای طراحی در هر دو جهت دلخواه می باشد. در ضمن باید متذکر شد که برنامه ی Safe قادر به ترسیم نوارهای طراحی مورب نیست فلذا در صورت وجود نوارهای مورب، می توان به طور تقریبی مساحت آرما تورهایی لازم برای این قسمت را مشابه قسمت های مجاور در نظر گرفت. برای برگشت به لایه ی سازه ای فونداسیون، دستور View-Set Structural Layer را اجرا نمایید.

۷- تحلیل فونداسیون

تحلیل فونداسیون در برنامه ی Safe2000 به روش اجزای محدود (Finite Element) انجام می گردد و اجزای محدود متداول ترین راه حل تحلیل صفحات متکی بر خاک - تحت نیروها و لنگرهای مختلف- می باشد.

۷-۱- تنظیم پارامترهای تحلیل

دستور Analyze-Set Options را اجرا و سپس پنجره‌ی ظاهر شده را مطابق شکل زیر عیناً کامل نمایید.



شکل ۱-۱۶- تنظیم پارامترهای تحلیل

۷-۲- شروع تحلیل

دستور Analyze-Run Analysis را اجرا نمایید. پس از چند لحظه نتایج حذف کشش سطحی خاک زیر فونداسیون مطابق شکل زیر ظاهر می‌شود.

Combo	ConErr	ConTol	Iterations	MaxIters
DCEN11	0.0000	0.0010	1	5
DCEN12	0.0000	0.0010	1	5
DCEN13	0.0000	0.0010	1	5
UP1	0.0000	0.0010	1	5
UP2	0.0000	0.0010	1	5
UP3	0.0000	0.0010	1	5
UP4	0.0000	0.0010	1	5
UP5	0.0000	0.0010	1	5
UP6	0.0000	0.0010	1	5
UP7	0.0000	0.0010	1	5
UP8	0.0000	0.0010	1	5
UP9	0.0000	0.0010	1	5
UP10	0.0000	0.0010	1	5
UP11	0.0000	0.0010	1	5
UP12	0.0000	0.0010	1	5
DCEN14	0.0000	0.0010	1	5
DCEN15	0.0000	0.0010	1	5
DCEN16	0.0000	0.0010	1	5
DCEN17	0.0000	0.0010	1	5
DCEN18	0.0000	0.0010	1	5
DCEN19	0.0000	0.0010	1	5
DCEN20	0.0000	0.0010	1	5
DCEN21	0.0000	0.0010	1	5
DCEN22	0.0000	0.0010	1	5
DCEN23	0.0000	0.0010	1	5
DCEN24	0.0000	0.0010	1	5
DCEN25	0.0000	0.0010	1	5
DCEN26	0.0000	0.0010	1	5

شکل ۱-۱۷- نتایج حذف کشش سطحی خاک پی

۷-۳- کنترل نتایج تحلیل

گام ۱- کنترل نتایج حذف کشش سطحی خاک

در صورتی که پنجره‌ی آماری Uplift Analysis Status را بسته‌اید، با اجرای دستور Analyze-Display Uplift Analysis می‌توانید آن را دوباره مشاهده کنید. در این پنجره مقدار ConErr باید کمتر از ConTol و مقدار Iterations کمتر از مقدار MaxIters متناظر ترکیب بار خود باشد. که همانطوری که مشاهده می‌کنید (شکل ۱-۲۱) چون Iterations مقدار ۱ را

میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری

تحت ترکیب بارهای UP1 الی UP12 دارد یعنی اصلاً کششی در خاک زیر فونداسیون وجود ندارد. این نتیجه در سازه‌های قاب خمشی طبیعی است چون بارها در این سازه‌ها به طور پراکنده در کل سازه پخش شده و معمولاً کشش خاک پی کنترل شده است. در صورتی که این امر تحقق نیافته باشد، باید با معرفی تعداد تکرارهای بیشتر به برنامه (MaxIters)، تحلیل فونداسیون را تکرار نماییم. اگر با معرفی تعداد تکرارهای بیشتر نیز این امر تحقق نیافت، برای اصلاح آن باید در اسکلت سازه تجدید نظر نماییم تا از میزان بلندشدگی (Uplift) فونداسیون بکاهیم.

نکته: در سازه‌های بتنی به علت وزن بالای آنها معمولاً مشکل Uplift نداریم.

گام ۲- کنترل عدم وجود خطا و یا هشدار در حین عملیات تحلیل

دستور File-Display Input/Output Text Files را اجرا و سپس فایل متنی با پسوند Log را باز کرده و آن را خوانده تا در صورت مشاهده‌ی Error یا Warning در تحلیل مدل، قفل نرم‌افزار را باز و نسبت به اصلاح مدل اقدام فرمائید. در این پروژه هیچ پیغام خطا یا هشدار مشاهده نگردید.

گام ۳- کنترل برش یک‌طرفه در فونداسیون

برش یک‌طرفه در فونداسیون‌ها عموماً کنترل می‌گردد. بهتر است این کنترل، قبل از کنترل‌های نشست و دوران و تنش خاک پی انجام گیرد. چون بهتر است در ابتدا ظرفیت فونداسیون در تحمل برش یک‌طرفه کنترل گردد تا ضخامت نهایی فونداسیون نهایی گردد به این علت که وزن فونداسیون بر روی نشست و دوران و تنش خاک پی تاثیر گذار است.

نکته: طبق بند ۹-۱۷-۳-۹ مبحث نهم، ضخامت فونداسیون‌ها نباید کمتر از ۲۵ سانتیمتر باشد.

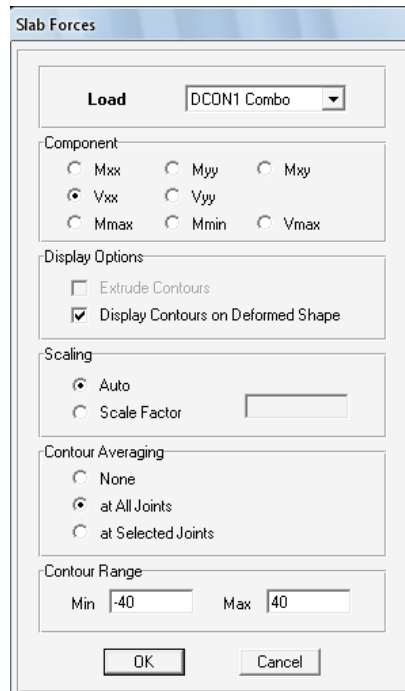
نکته: آرماتورهای عرضی فونداسیون چون مثل خاموت‌های ستون و تیر به هم متصل نیستند برشی تحمل نمی‌کنند بلکه تنها در نگهداری آرماتورهای طولی و همچنین کنترل انقباض و انبساط حرارتی بتن موثر هستند. معمولاً ضخامت فونداسیون چنان در نظر گرفته می‌شود که برش قابل تحمل توسط بتن جوابگوی انتقال برش یک‌طرفه و برش دو طرفه (برش پانچ) باشد. در طراحی فونداسیون‌ها نیاز است که برش یک‌طرفه در فاصله‌ی d از بر ستون بتن آرمه کنترل شود. که d عمق موثر فونداسیون بوده و به پوشش بتن بستگی دارد. بر اساس آیین‌نامه ACI این کنترل باید تحت کلیه ترکیب بارهای طراحی (DCON1, DCON2, ..., DCON26) صورت گیرد. مقدار مجاز این برش برابر است با:

$$ACI: V_u \leq \phi V_{cap} \Rightarrow V_u \leq 0.53 \phi \sqrt{f'_c} b d = 0.53 \times 0.85 \times \sqrt{210} \times 140 \times (60 - 8) = 47527 \text{ kg} \cong 48 \text{ ton}$$

$$\text{آبا: } V_u \leq \phi V_c \Rightarrow V_u \leq 0.2 \phi \sqrt{f'_c} b d = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{21} \times 1400 \times (600 - 80) / 10 = 40034 \text{ kg} \cong 40 \text{ ton}$$

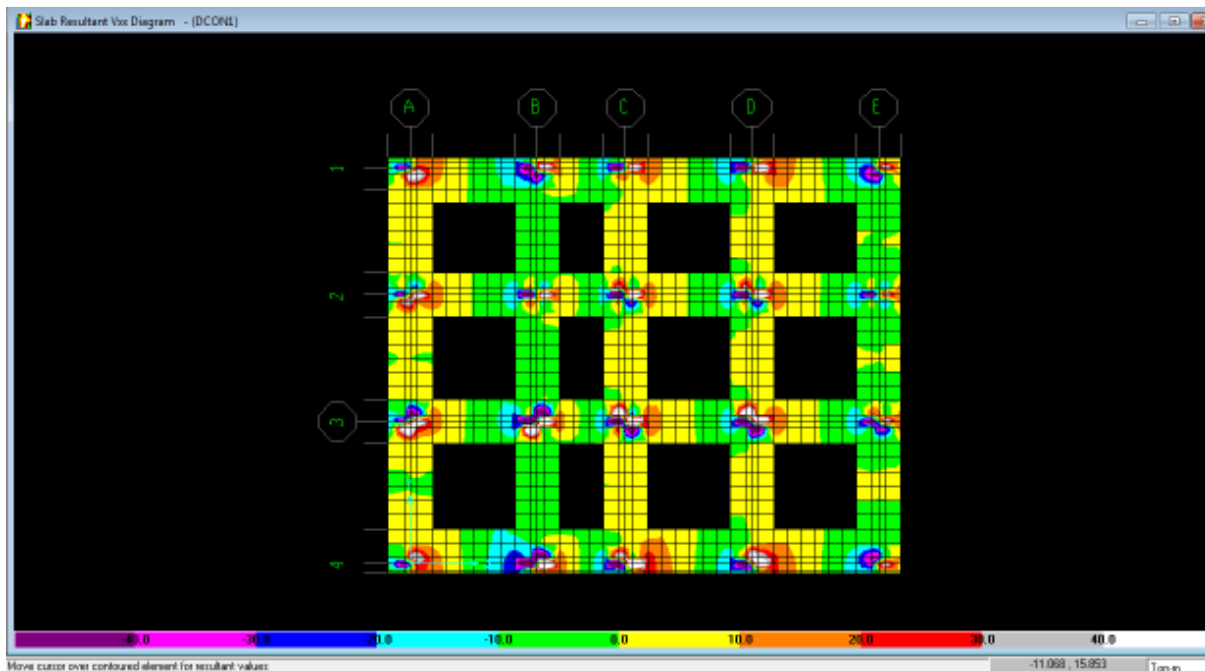
که f'_c در ACI بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و در آبا بر حسب مگاپاسکال است. ϕ هم ضریب کاهش مقاومت برشی می‌باشد. b هم عرضی است که نیروی برش در آن اثر می‌کند. V_u برش موجود قرائت شده در فاصله $d = 52 \text{ cm}$ از بر ستون‌ها (تحت ترکیب بارهای طراحی) می‌باشد که باید از مقدار مجاز (40 ton) کمتر باشد. لازم به ذکر است که از تمرکز تنش در اطراف ستون‌ها می‌توان صرف‌نظر کرد. منظور از اطراف ستون‌ها فاصله بین لبه ستون‌ها تا $d = 52 \text{ cm}$ است.

از جعبه‌ی کشویی واحدها، واحد انتخاب نمائید. دستور Display-Show Slab Forces را اجرا و سپس پنجره‌ی ظاهر شده را عیناً مطابق شکل زیر کامل نموده و بر روی دکمه‌ی OK کلیک کنید.



شکل ۱-۱۸- نحوه‌ی مشاهده‌ی برش فونداسیون

که V_{XX} نیروی برشی واحد طول در جهت Z و روی وجه عمود بر محور X می‌باشد.



شکل ۱-۱۹- نمایش برش یکطرفه موجود در فونداسیون تحت ترکیب بار DCON1

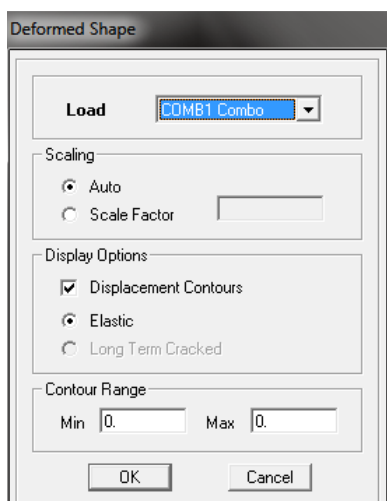
توجه: مثبت یا منفی بودن مقدار V_{XX} بسته به جهت این نیرو است و باید قدرمطلق این نیرو از مقدار مجاز (40 ton) کمتر باشد.

طبق ترکیب بارهای DCON1, ..., DCON26 این کنترل OK بوده است.

در صورت NOT OK بودن، می‌توان با افزایش ضخامت فونداسیون یا با افزایش مقاومت فشاری بتن، ظرفیت برشی یکطرفه فونداسیون را افزایش داد.

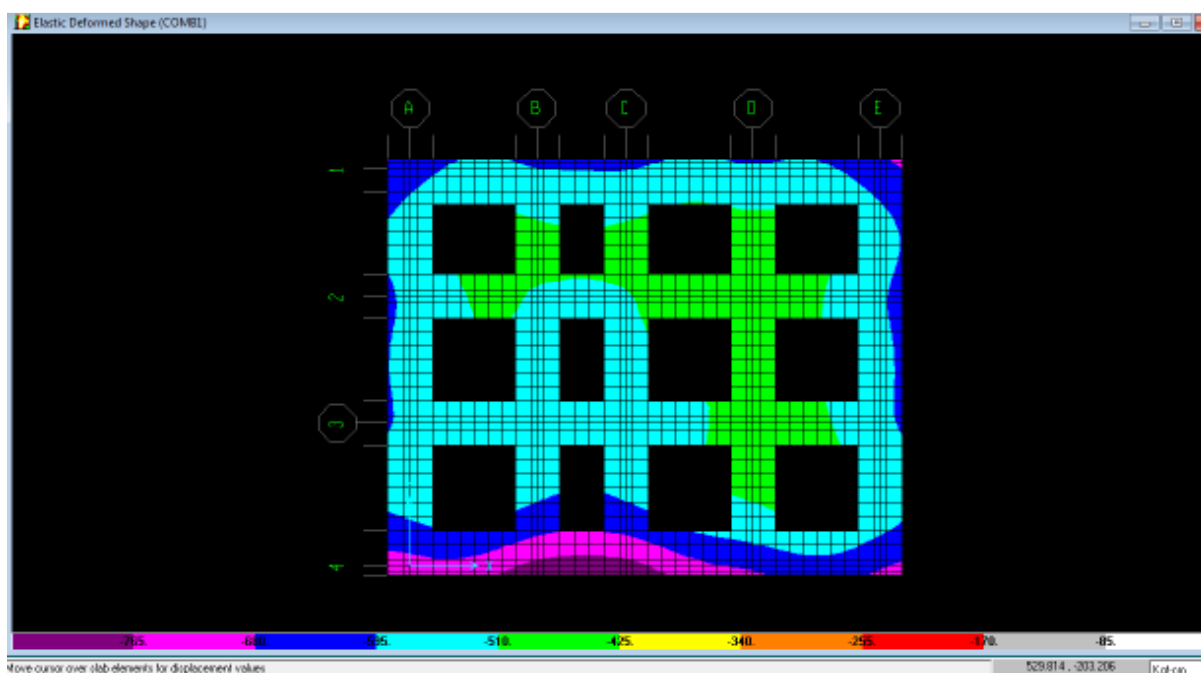
گام ۴- کنترل نشست و دوران خاک پی

از جعبه‌ی کشویی واحدها، واحد Kgf-cm | انتخاب نمائید. دستور Display>Show Deformed Shape را اجرا و سپس در پنجره‌ی ظاهر شده ترکیب بار COMB1 را انتخاب و بر روی دکمه‌ی OK کلیک کنید. توجه کنید که برنامه، نتایج تحلیل را به صورت گرهی برآورد و ارائه می‌کند.



شکل ۱-۲۰- پنجره‌ی مشاهده‌ی تغییرشکل فونداسیون

همان‌طوری که مشاهده می‌کنید، برنامه نشست خاک پی را به صورت کانتورهای رنگی نمایش می‌دهد. مقدار نشست مجاز برای پی‌های نواری، ۲/۵۴ سانتیمتر می‌باشد. این کنترل را باید تحت ترکیب بارهای 13, COMB1, ... انجام داد.



شکل ۱-۲۱- مشاهده‌ی نشست خاک پی

همانطور که در شکل قابل مشاهده است تغییرمکان حداکثر برای ترکیب بار COMB1 (در راستای محور عمود بر فونداسیون) ۰/۷۶۵ سانتیمتر است که از حد مجاز (۲/۵۴ سانتیمتر) کمتر است. برای بقیه ترکیب بارها نیز این کنترل OK بوده است.

میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری

همچنین می‌توانید با اجرای دستور Display-Show Output Tables و انتخاب گزینه‌ی Displacements و انتخاب ترکیب بارهای 1,2,...,13, COMB1 مقدار نشست و مقدار دوران موجود تمامی گره‌های فونداسیون را مشاهده و آن را با مقدار مجاز مقایسه کرد. مقدار دوران موجود تمامی گره‌های فونداسیون نیز از حد مجاز (۰/۰۰۲ رادیان) کمتر بوده است. **توجه:** چون نشست فونداسیون به خاک چسبیده است، نشست فونداسیون با نشست خاک پی برابر است. فلذا با اجرای دستور Display-Show Deformed Shape از نشست فونداسیون می‌توان نشست خاک پی را به دست آورد.

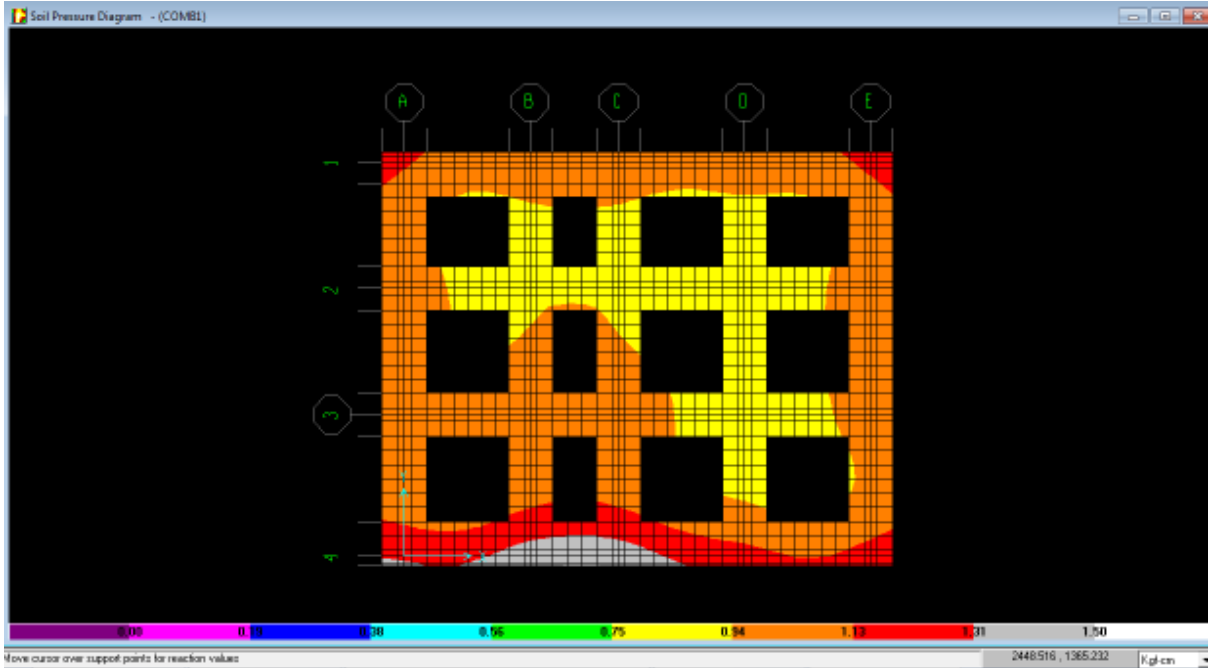
گام ۵- کنترل تنش خاک پی

از جعبه‌ی کشویی واحدها، واحد **Kgf-cm** انتخاب نمائید. دستور Display-Show Reaction Forces را اجرا و سپس پنجره‌ی ظاهر شده را عیناً مطابق شکل زیر کامل نموده و بر روی دکمه‌ی OK کلیک کنید.



شکل ۱-۲۲- نحوه‌ی مشاهده‌ی تنش موجود خاک پی

تنش موجود خاک پی باید کمتر از تنش مجاز خاک معرفی شده به برنامه ($q_a = 1.5 \text{ kg/cm}^2$) باشد. این کنترل را باید تحت ترکیب بارهای 1,2,...,13, COMB1 انجام داد. همان‌طوری که مشاهده می‌کنید، برنامه تنش خاک پی را به صورت کانتورهای رنگی نمایش می‌دهد.




شکل ۱-۲۳- مشاهده‌ی تنش خاک پی

همانطوری که در شکل ۱-۲۳ مشاهده می‌شود، خاک زیر فونداسیون در نواحی کناری فونداسیون تنش بیشتری را نسبت به سایر نقاط دارند و حتی ممکن است در بعضی پروژه‌ها در نقاط گوشه از حد مجاز فراتر رود. علت آن را اولاً در مدل نکردن خاک اطراف خاک زیر فونداسیون می‌دانیم چون در این مدل این خاک مدل نشده است و تمرکز تنش به وجود آمده در نواحی کناری خاک زیر فونداسیون باعث افزایش غیرمعمول تنش در این نواحی شده است. ثانیاً نتایج تحلیل برنامه در گوشه‌ها، OverDesign است.

توجه: از آنجایی که نتایج محاسبات برنامه Safe برای گوشه‌های فونداسیون Overdesign است، تا حدود ۵۰ درصد اختلاف بین تنش موجود خاک پی با تنش مجاز خاک پی را می‌توان پذیرفت. یعنی در این پروژه در حدود 2.25 kg/cm^2 .
توجه: وضعیت ترکیب بار بحرانی برای تنش خاک پی، COMB1 (بار سرویس) می‌باشد.

همچنین می‌توانید با اجرای دستور Display-Show Output Tables و انتخاب گزینه‌ی Reactions و انتخاب ترکیب بارهای COMB1,...,13، و سپس انتخاب گزینه Soil Pressure از جعبه کشویی مربوطه، مقدار تنش موجود تمامی گره‌های خاک زیر فونداسیون را مشاهده و آن را با مقدار مجاز ($q_a = 1.5 \text{ kg/cm}^2$) مقایسه کرد.

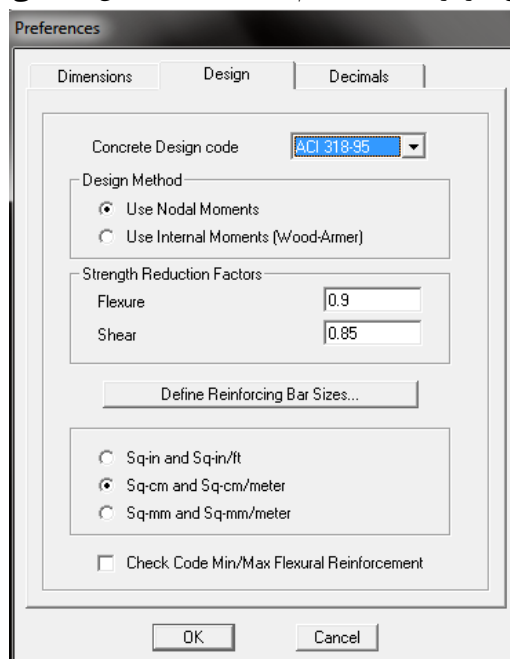
در صورتی که تنش موجود بیشتر از تنش مجاز خاک پی شود، باید عرض فونداسیون را در مناطقی که تنش خاک پی بیشتر از حد مجاز است را افزایش داد. برای این کار ابتدا قفل برنامه را شکسته سپس از قسمت Edit-Edit Grid خطوط شبکه جدید را معرفی کنید. سپس بر روی فونداسیون راست کلیک و ابعاد جدید آنرا وارد کنید. ابعاد بازشوها را هم می‌توان از طریق راست کلیک بر روی آنها یا از طریق دراگ کردن بازشوها توسط دستور  استفاده کرد. یا اینکه می‌توان آنها را حذف کرد و بعد دوباره آنها را در محل جدیدشان رسم کرد.

۸- طراحی فونداسیون

۸-۱- تنظیم پارامترهای طراحی

میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری

الف) دستور Option-Preferences را اجرا و از جعبه Design آیین‌نامه‌ی ACI318-95 را انتخاب کنید.
 ب) برای معرفی آرماتورهای $\Phi 24$, $\Phi 22$, $\Phi 18$ به برنامه، بر روی دکمه‌ی Define Reinforcing Bar Sizes کلیک کنید.
 آرماتورهای مورد قبول آیین‌نامه ایران، در برنامه Safe با نام d یا ط یا Φ نمایش داده می‌شوند.



شکل ۱-۲۴- انتخاب آیین‌نامه‌ی طراحی



شکل ۱-۲۵- معرفی آرماتورهای $\Phi 18$, $\Phi 22$, $\Phi 24$

توجه: در برنامه Safe برخلاف برنامه Etabs، در صورتی که قفل برنامه شکسته شود آرماتورهای تعریف شده پاک می‌گردند.

۸-۲- طراحی مدل

در این مرحله با اجرای دستور Design-Start Design عملیات طراحی را شروع می‌کنیم.
 برنامه پس از چند ثانیه مساحت آرماتورهای طولی (خمشی) مورد نیاز فونداسیون را نمایش می‌دهد.

۸-۲-۱- بررسی نتایج طراحی

گام ۱- کنترل برش پانچ یا برش دوطرفه (برش سوراخ کننده)

کنترل برش دوطرفه در فونداسیون‌ها، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. معمولاً ضخامت فونداسیون چنان در نظر گرفته می‌شود که برش قابل تحمل توسط بتن جوابگوی انتقال برش دو طرفه (برش پانچ) باشد.

میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری

به منظور کنترل برش دوطرفه در فونداسیون‌ها، باید مقدار تنش برشی در فاصله‌ی $d/2$ از بر ستون‌ها با مقدار برش پانچ قابل تحمل توسط بتن $(1.06\phi_c\sqrt{f'_c}b_0d)$ مقایسه گردد.

ضعف برنامه Safe در مورد محاسبه برش پانچ:

۱- احتمال عدم محاسبه نسبت پانچ برای ستون‌های کناری و گوشه

در این صورت برنامه پیغام N/C را در محل ستون‌ها نمایش می‌دهد (Not Checked). به این معنا که برنامه نتوانسته این نسبت پانچ را برای این ستون‌ها محاسبه کند و کنترل آن باید به صورت دستی توسط کاربر صورت گیرد.

۲- عدم تشخیص صحیح موقعیت ستون‌های کناری

برنامه موقعیت ستون‌های داخلی و ستون‌های گوشه را به درستی تشخیص می‌دهد اما ممکن است ستون‌های کناری را کناری تشخیص ندهد.

نکته: ستون در فونداسیون سه موقعیت می‌تواند داشته باشد:

۱- ستون داخلی، که از ۴ طرف دارای پانچ است.

۲- ستون کناری، که از ۳ طرف دارای پانچ است.

۳- ستون گوشه، که از ۲ طرف دارای پانچ است.

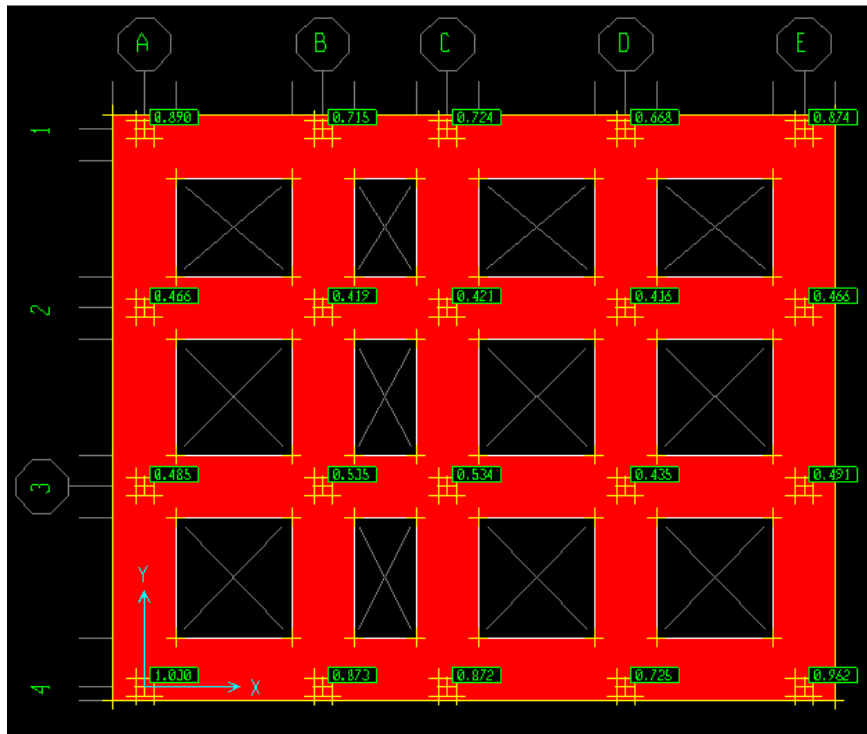
نکته: در صورتی که ستون کناری باشد و برنامه آنرا گوشه تشخیص دهد آنگاه برای کنترل تقریبی:

$$0.7 \times 1 \leq \text{عدد ارائه شده توسط برنامه}$$

با این کار ۳۰ درصد سطح پانچ که برنامه آن را لحاظ نکرده است را می‌توان لحاظ کرد.

با اجرای دستور Design-Display Punching Shear Ratios برنامه بلافاصله نسبت $\frac{V_{max}}{V_{cap}}$ را در محل ستون‌ها نمایش می‌دهد.

در صورتی که این نسبت کمتر مساوی یک باشد می‌توان نتیجه گرفت که فونداسیون مشکل برش پانچ ندارد.



شکل ۱-۲۶- نسبت پانچ در محل ستون‌ها

که در این پروژه این نسبت برای ستون A4 کمی بزرگتر از یک است که قابل قبول است. حال باید دید برنامه Safe موقعیت این ستون‌ها را درست تشخیص داده است یا خیر.

میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری

برای این کار ابتدا واحد Ton-m را فعال کنید. دستور Design-Show Design Table را اجرا کنید. در پنجره باز شده گزینه Punching Shear را فعال و بقیه گزینه‌ها را غیر فعال کنید.

Point ID	X	Y	Ratio	Conc	Vconc	Vcap	V	MX	MY	Depth	Perimeter	Loc
1	0	0	1.030489	DCON8	13.46241	13.06435	82146.62	-162045	-1894442	52	191.9949	Corner
10	0	450	0.4952953	DCON8	6.336675	13.06435	91222.46	206170.5	-1688670	52	323.9949	Edge
30	0	950	0.4656326	DCON8	6.083167	13.06435	87220.07	256506.7	-1541461	52	323.9949	Edge
36	0	1250	0.8900907	DCON6	11.62806	13.06435	59255.33	44464.8	-1727701	52	191.9949	Corner
2	400	0	0.8733998	DCON2	11.4104	13.06435	93048.14	85432.63	-107630.8	52	243.9949	Edge
11	400	450	0.5350115	DCON8	6.989575	13.06435	109082.6	-149004.8	-1976172	52	368	Interior
31	400	950	0.4185916	DCON6	5.466626	13.06435	81289.32	31158.66	-1900674	52	368	Interior
37	400	1250	0.7153249	DCON6	9.345253	13.06435	61951.38	8546.341	-1922392	52	243.9949	Edge
3	890	0	0.8721793	DCON2	11.39445	13.06435	92938.2	87293.01	109084.7	52	243.9949	Edge
12	890	450	0.534151	DCON7	6.978335	13.06435	109961.9	26857.31	1966273	52	368	Interior
32	890	950	0.4212957	DCON5	5.503953	13.06435	82486.65	8605.163	1881650	52	368	Interior
38	890	1250	0.7237906	DCON5	9.455461	13.06435	63257.7	-47528.1	1897852	52	243.9949	Edge
4	1060	0	0.7250144	DCON2	9.471841	13.06435	78125.52	117576.1	71790.13	52	243.9949	Edge
13	1060	450	0.4354615	DCON12	5.689021	13.06435	83294.03	2057046	58979.01	52	368	Interior
33	1060	950	0.4159811	DCON12	5.430603	13.06435	77610.21	2111894	66289.68	52	368	Interior
39	1060	1250	0.6678207	DCON2	8.724642	13.06435	71606.94	80862.52	54256.72	52	243.9949	Edge
5	1480	0	0.961637	DCON7	12.56316	13.06435	58942.69	-107971.2	1806553	52	191.9949	Corner
14	1480	450	0.4911905	DCON7	6.417063	13.06435	91594.9	294280.6	1678044	52	323.9949	Edge
34	1480	950	0.4661743	DCON5	6.080263	13.06435	89134.23	109918.9	1840221	52	323.9949	Edge
40	1480	1250	0.8743193	DCON5	11.42241	13.06435	55430.63	-11165.93	1670668	52	191.9949	Corner

شکل ۱-۲۷- جزئیات محاسبات برش پانچ

همانطوری که مشاهده می‌کنید برنامه چهار ستون را گوشه (Corner) تشخیص داده است در حالیکه هر چهار تا ستون، کناری (Edge) هستند. پس به کنترل برنامه تنها در مورد این چهار ستون نمی‌توان اطمینان کرد. اما سایر کنترل‌های مربوط به برش پانچ ستون‌ها مورد اطمینان هستند که خوشبختانه مشکلی در برش پانچ نداشته‌اند. در مواردی که برنامه موقعیت ستون‌هایی را به اشتباه تشخیص دهد و در عین حال نسبت پانچ آنها بزرگتر از یک باشد باید کنترل دستی انجام گیرد. که در این پروژه چون تمامی نسبت‌های پانچ ستون‌ها کمتر از یک هستند فلذا مشکلی در مقدار برشی پانچ نخواهیم داشت و نیازی به کنترل دستی نخواهد بود. منتهی برای یادگیری، کنترل برش پانچ بعضی از ستون‌ها به صورت دستی در زیر آمده است.

حال به کنترل برش پانچ به صورت دستی (طبق ACI) می‌پردازیم. کنترل برش پانچ برای ستون A4:

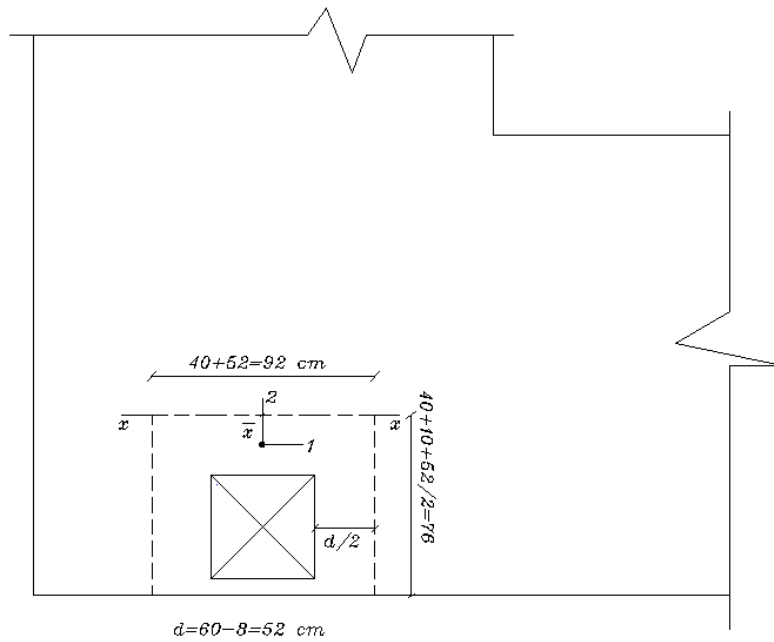
۱- ستون A4 از سه طرف دارای پانچ است، پس یک ستون کناری است اما برنامه به اشتباه آنرا ستون گوشه تشخیص داده است. نسبت پانچ را برنامه 1.03 بدست آورده که اشتباه است. پس کنترل تقریبی زیر را در ابتدا انجام می‌دهیم:

$$0.7 \times 1.03 = 0.721 < 1 \quad \text{OK}$$

۲- حال به صورت دقیق‌تر نسبت پانچ ستون A4 (که با نام 1 در جدول ۱-۲۷ قابل مشاهده است) را کنترل می‌کنیم:

مقدار نیروی برشی (V_u) در فاصله $d/2$ از بر ستون را به دست می‌آوریم:

میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری



شکل ۱-۲۸- جزئیات محاسبات برش پانچ

$$\bar{x} = \frac{2 \times 76 \times 76/2 + 92 \times 0}{2 \times 76 + 92} = 23.67 \text{ cm}$$

$$I_p = 2 \times (76^3 \times 52/12 + 76 \times 52 \times (76/2 - 23.67)^2) + (92 \times 52^3/12 + 92 \times 52 \times 23.67^2)$$

$$\Rightarrow I_p = 9.2 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

$$b_0 = 2 \times 76 + 92 = 244 \text{ cm}$$

$$\gamma_{v1} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{76}{92}}} = 0.38$$

$$\gamma_{v2} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{92}{76}}} = 0.42$$

	P ton	M ₁ ton-m	M ₂ ton-m
DL	34.12	0.49≈0	-0.75≈0
LL	3.54	0.025≈0	-0.13≈0
EQNX	-15.55	1.55	12.83

مقادیر این جدول با راست کلیک کردن روی گرهی ستون استخراج شده است. می توان از مقادیر کوچکتر از ۱ صرف نظر کرد.

حداکثر شده است. پس برای این ترکیب بار، برش موجود DCON8 طبق جدول ۱-۲۷، نسبت برش پانچ تحت ترکیب بار

را تعیین می کنیم. A4 ستون

$$DCON8 = 1.05DL + 1.275LL - 1.4025EQNX$$

$$P_u = 1.05 \times 34.12 + 1.275 \times 3.54 - 1.4025 \times (-15.55) = 62.15 \text{ ton}$$

$$M_{v1} = \gamma_{v1} \times M_{u1} = 0.38[1.05 \times 0 + 1.275 \times 0 - 1.4025 \times (1.55)] = -0.83 \text{ ton.m}$$

$$M_{v2} = \gamma_{v2} \times M_{u2} = 0.42[1.05 \times (0) + 1.275 \times 0 - 1.4025 \times (12.83)] = -7.56 \text{ ton.m}$$

$$V_{p1} = \frac{P_u}{b_0 d} + \frac{M_{v1} L_{2max}}{I_p} = \frac{62.15 \times 1000}{244 \times 52} + \frac{-0.83 \times (76 - 23.67) \times 1000 \times 100}{9.2 \times 10^6} = 4.9 - 0.47 = 4.43 \frac{kg}{cm^2}$$

$$V_{p2} = \frac{P_u}{b_0 d} + \frac{M_{v2} L_{1max}}{I_p} = \frac{62.15 \times 1000}{244 \times 52} + \frac{-7.56 \times (0.5 \times 92) \times 1000 \times 100}{9.2 \times 10^6} = 4.9 - 3.78 = 1.12 \frac{kg}{cm^2}$$

که V_{p1} و V_{p2} تنش های برشی در دو وجه محیط پانچ هستند.

میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری

$$V_c = \min \begin{cases} 0.53\phi_c\sqrt{f'_c}(1 + 2/\beta_c)b_0d = 0.53 \times 0.85\sqrt{210}\left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 244 \times 52 = 250544 \text{ kg} \\ 0.53\phi_c\sqrt{f'_c}(1 + \alpha_s d/b_0)b_0d = 0.53 \times 0.85\sqrt{210}\left(1 + \frac{15 \times 52.3}{244.6}\right) \times 244 \times 52 = 351369 \text{ kg} \\ 0.53\phi_c\sqrt{f'_c} \times 2b_0d = 0.53 \times 0.85\sqrt{210} \times 2 \times 244 \times 52 = 167029 \text{ kg} \end{cases}$$

که β_c نسبت طول ستون به عرض ستون، b_0 محیط بحرانی برش پانچ و α_s برای ستون‌های گوشه (Corner) ۱۰، برای ستون‌های کناری (Edge) ۱۵ و برای ستون‌های میانی (Interior) برابر ۲۰ می‌باشد.

$$V_{pmax} = 4.43 \times 244 \times 52 = 56208 \text{ kg} < 167029 \text{ kg} \quad OK \quad \text{Ratio} = \frac{56208}{167029} = 0.34 < 1 \quad OK$$

همانطوری که می‌بینیم نسبت برش پانچ این ستون ۰/۳۴ است که برنامه به علت تشخیص اشتباه در موقعیت ستون آنرا به اشتباه ۱/۰۳ به دست آورده بود.

توجه: نتیجه کنترل دقیق بر کنترل تقریبی ارجح است.

گام ۲- تعیین آرماتورهای خمشی فونداسیون

ساده‌ترین روش استفاده‌ی عملی از آرماتورهای ارائه شده توسط برنامه به این صورت می‌باشد که کاربر آرماتورهای سراسری را به برنامه معرفی می‌کند تا برنامه موقعیت و مقدار آرماتورهای تقویتی مورد نیاز را نمایش دهد. روش معمول در تعیین آرماتور سراسری، محاسبه‌ی آرماتور حداقل (در بالا و پایین مقطع) فونداسیون می‌باشد:

$$A_{smin} = 0.0025bh = 0.0025 \times 140 \times 60 = 21 \text{ cm}^2 \Rightarrow 7\phi 20 \text{ o USE } \Phi 20@20 \text{ cm}$$

توجه: از 7φ20 هم در بالا و هم در پایین مقطع فونداسیون به صورت سراسری استفاده می‌کنیم.

تذکر: طبق بند ۹-۱۷-۵-۲ مبحث نهم، در فونداسیون‌های نواری نسبت آرماتور در ناحیه کششی نباید کمتر از ۰/۲۵ درصد اختیار شود، مگر آنکه آرماتور به کار رفته به اندازه یک‌سوم بیشتر از مقدار آرماتور تعیین شده در محاسبات باشد. که در این حالت این نسبت حداقل ۰/۱۵ باید باشد.

تذکر: طبق بند ۹-۱۷-۵-۳ مبحث نهم، در فونداسیون‌ها قطر میلگردها نباید کمتر از ۱۰ میلیمتر و فاصله محور تا محور آنها از یکدیگر باید بین ۱۰ تا ۳۵ سانتیمتر باشد. برای عرض ۱۴۰ مقدار آکس تا آکس آرماتورها به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{فاصله آکس تا آکس} = \frac{140 - 2 \times 8}{6} = 20.67 \text{ cm}$$

که با توجه به قرارگیری آرماتور تقویت، فاصله آکس تا آکس به $20.67/2 = 10.34 \text{ cm}$ می‌رسد که قابل قبول است.

برای تعیین آرماتورهای تقویتی (لنگر منفی) از خروجی‌های برنامه، دستور Design-Display Slab Design Info را اجرا کنید. پنجره‌ی ظاهر شده را عیناً طبق شکل زیر کامل نمائید.

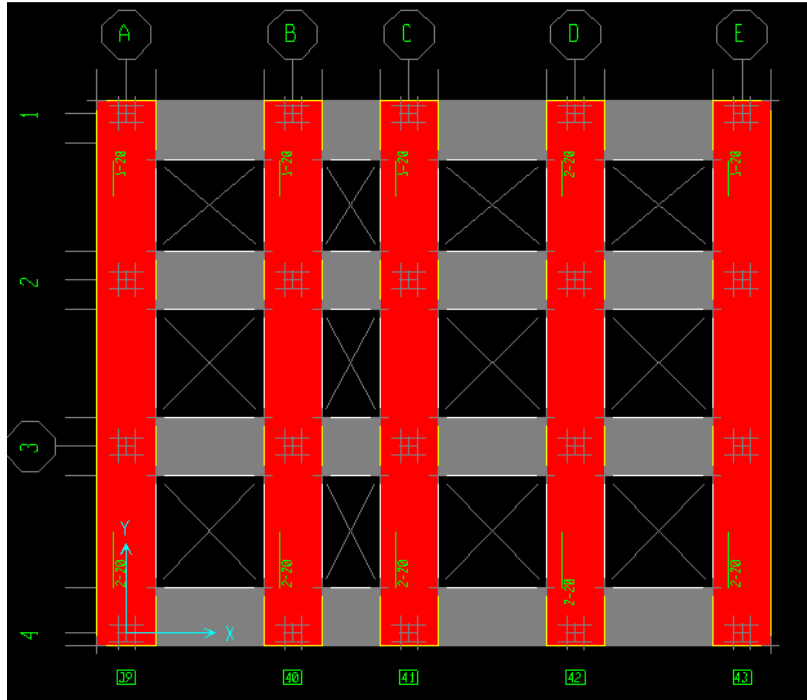
الف- برای نوارهای طراحی راستای X



میهن سازه، وب سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری

شکل ۱-۳۰- تنظیم نحوه نمایش آرماتورهای تقویتی فونداسیون در راستای محور X

که در قسمت Reinforcing Values با انتخاب گزینهی Show Rebar Above Typical Value می‌توان با مشخص کردن میزان آرماتور سراسری (آرماتور حداقل محاسبه شده در گام ۲)، میزان آرماتور تقویتی را از برنامه درخواست کرد. در واقع با انتخاب این گزینه، ستون سمت چپ فقط تنظیمات چگونگی نمایش آرماتورهای تقویتی است. که در نهایت مشاهده شد برنامه نیازی به آرماتور تقویتی بالا و پایین در راستای X ندارد. اما در راستای Y:



شکل ۱-۳۱- مشاهدهی آرماتورهای تقویتی بالا و پایین فونداسیون در راستای Y

با حرکت کرسر بر روی هر آرماتور تقویتی و مشاهدهی قسمت پایین صفحه می‌توان متوجه شد که آرماتورهای تقویتی ارائه شده توسط برنامه، آرماتور تقویتی بالای مقطع است و یا پایین آن. هر چند که در این شکل فقط آرماتورهای بالا نمایش داده شده است.

نحوه تعیین محل و طول آرماتورهای تقویت در نوار A:

برای تعیین طول آرماتورهای تقویت، محل آرماتور را در برنامه بزرگنمایی کرده و سپس مکان‌نما را به ابتدا و انتهای آن برده و مقدار Station at را در پایین قرائت کنید.

دهانه 3-4:

آرماتورهای بالا $2\phi 20$:

$$L_{\text{تنوری}} = 2.5 - 1.1 = 1.4 \text{ m}$$

$$L_{\text{عملی}} = L_{\text{تنوری}} + 2 \times \max(d, 12d_b) = 1.4 + 2 \times \max(0.52, 12 \times 0.02) \cong 2.5 \text{ m}$$

که d ارتفاع موثر فونداسیون و d_b قطر حداکثر آرماتور سراسری می‌باشد.

که برنامه آن را تقریباً فقط برای پایین دهانه می‌خواهد.

نکته: اگر طول آرماتور تقویتی ارائه شده توسط برنامه کمتر از ۰/۵ متر بود می‌توان از تعبیه آرماتور تقویتی در آن محل صرف‌نظر کرد.

به همین ترتیب برای سایر دهانه‌ها می‌توان مقدار آرماتورهای تقویتی را تعیین کرد.

گام ۳- تعیین آرماتورهای عرضی فونداسیون

بر اساس بند ۹-۱۷-۸-۱ مبحث نهم، نسبت حداقل سطح مقطع آرماتور حرارت و جمع شدگی (برای میلگردهای رده S340) لازم به کل سطح مقطع بتن برای فونداسیون‌های به ضخامت کمتر یا مساوی ۱۰۰ سانتیمتر (در واحد طول فونداسیون) برابر است با:

$$A_s(\text{حرارتی}) = \frac{0.002 * 100 * 60}{2} = 6 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{USE } \Phi 12 @ 20 \text{ cm or (USE } 6\Phi 12)$$

این آرماتورهای عرضی (یا آرماتورهای حرارت و جمع شدگی) در بالا و پایین مقطع فونداسیون در جهت عمود بر آرماتورهای طولی تعبیه می‌گردد.

نکته کلی: در برنامه Safe تغییرمکان قائم در جهت خلاف محور Z را برنامه منفی نشان می‌دهد. برنامه مقدار تنش فشاری خاک را در جهت خلاف محور Z را مثبت نشان می‌دهد.