به نام خدا

Australian Prestressing Services (APS)

طراحی فاز یک سقف

پروژه مسکونی
خیابان ارباب فرمانیه

شهریور ماه ۱۴۰۳

POST-TENSIONING INSTITUTE OF AUSTRALIA LIMITED

انجمن بتن ایران

بخش 1

معرفی کلی ساختمان

1-1 معرفی ساختمان از نظر هندسی

1-1-1 تعداد طبقات

پروژه حاضر شامل یک ساختمان دارای 15 طبقه مي‌باشد که با توجه به پلان‌های معماری ارائه شده طبقات زیرزمین کاربری پارکینگ و طبقه منفی 1 کاربری استخر و فضاهای ورزشی و طبقه همکف کاربری لابی و طبقات فوقانی دارای کاربری مسکونی می باشند. برای بام هم کاربری خاصی در نظر گرفته نشده است.

1-1-2 عرض و طول ساختمان

- ابعاد ساختمان در بلندترین قسمت تقریبا برابر با 34× 38 متر می باشد.
- مساحت سازه تقریبا 15,000 مترمربع می باشد.

1-1-3 ارتفاع ساختمان

ارتفاع طبقه 5- زیرزمین از روی فونداسیون برابر با 4 متر ارتفاع طبقات 4-و 3- برابر با 3.6 متر و ارتفاع طبقه 2- برابر با 4.5 متر و طبقه 1- برابر با 3.6 متر و ارتفاع طبقه همکف برابر با 5.4 متر و ارتفاع دیگر طبقات برابر با 3.96 متر لحاظ شده است.

در نتیجه ارتفاع کلی سازه برابر با 60.34 متر و ارتفاع لرزه ای سازه برابر با 44.64 متر می باشد.

1-2 کاربري ساختمان

- مطابق بند 2-3-7 آئین نامه 2800 این ساختمان با توجه به کاربری مسکونی در گروه ساختمانهاي با اهمیت متوسط قرار می‌گیرد.
- مطابق جدول 3-1 آئین نامه 2800 با توجه به کاربری باید 20 درصد بار زنده را در محاسبه نیروي جانبی در نظر گرفت.

1-2-1 موقعیت ساختمان نسبت به سازه‌هاي مجاور

ساختمان از شرق و غرب دارای همسایه می باشد.

1-3 معرفی سیستم سازه‌ای ساختمان

ساختمان مورد بررسي داراي اسكلت بتني مي‌باشد. سیستم سازه‌اي با توجه به آیین‌نامه 2800 ویرایش چهارم، در هر دو جهت از نوع سیستم قاب خمشی با شکل پذیری ویژه می باشد.

دال تخت بتنی از نوع دال بتني پيش تنيده (پس کشیده) Post Tension است که با سیستم چسبیده Bonded اجرا می شود. این دال تخت بتنی روی قاب قرار می‌گیرد. برای کنترل تغییر شکل دال ضخامت آن در طبقات مسکونی برابر با 25 سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود.

مطابق آئین نامه 2800 و با توجه به سیستم سازه‌اي موجود ضریب رفتار سازه در هر دو جهت برابر با 7.5 مي‌باشد.

بخش 2

طراحی دال پیش تنیده

1-2-دال پس کشیده:

دالها در اين سيستم، دال بتني پيش تنيده از نوع پس كشيده مي‌باشد.

براي مدل سازي و طراحي اين دال از نرم افزار ADAPT استفاده شده است. بوسيله اين برنامه، كل دال به همراه تكيه‌گاه‌هاي آن مدل سازي شده است. براي تحليل و طراحي دال از روش اجزاي محدود استفاده شده است.

نرم افزار Adapt به دو روش دستی و اتوماتیک المان بندی می کند. در روش المان بندی اتوماتیک نرم افزار توانایی المان بندی به روش Adaptive برای دستیابی به مناسبترین المان محدود چهارگوشه ای را دارد.

براي طراحي دال ، مقاطع مختلفي در طول خطوط تكيه‌گاهي(Support Lines) تعريف شده است كه در كليه مقاطع تنش‌هاي بدست آمده از برنامه با تنشهاي مجاز كنترل شده است.

بخش 3

بارگذاری

3-1 بارگذاری قائم

بارهای مرده و زنده به شرح ذیل درنظر گرفته شده است.

3-1-1 بار مرده

بار مرده وارد بر سقف ساختمان 350 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع درنظر گرفته شده است.

3-1-2 بار زنده

بار زنده وارد بر سقف ساختمان 200 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع درنظر گرفته شده است.

در طراحی اثر بارگذاری شطرنجی بار زنده در نظر گرفته می شود.

3-2 ترکیب بارگذاری

براي طراحي دال پيش تنيده مطابق با آئين نامه ACI ترکيب بارگذاري‌ها بشرح ذيل درنظر گرفته شده است:

Selfweigth + Dead + Live + Prestressing	: Service (Total Load)
Selfweigth + Dead + 0.3Live + Prestressing	: Service (Sustained Load)
1.4 Selfweigth + 1.4 Dead + Hyperstatic	: Strength
1.2Selfweigth + 1.2 Dead + 1.6 Live + Hyperstatic	: Strength
Selfweigth + 1.15 Prestressing	: Initial
3 Selfweigth + 3 Dead + 1.6 Live + 3 Prestressing	: Deflection

بخش 4

ضوابط طراحی

4-1 فرضیات طراحی

ضخامت دال بتنی پس کشیده 25 سانتیمتر می باشد .

$$f_c^{`} = 35\frac{N}{mm^2}$$

$$f_{ci}^{'} = 0.7 \times 35 = 24.5\frac{N}{mm^2}$$

مقادیر ضریب اصطکاك اعوجاجي وانحنايي به صورت زیر درنظر گرفته شده است :

$$\mu = 0.18$$
$$\kappa = 0.002$$

مطابق بند 4-12-18 براي بارهاي زنده معمول و بارهايي كه به طور يكنواخت پخش شده‌اند فاصله بين تندانها يا گروه‌هايي از اين تندانها در يك جهت نبايستي از كوچكترين دو مقدار 8 برابر ضخامت دال و1/5 متر فراتر رود:

برای دال 25 سانتیمتر:

$$s \leq min(8 \times 20 = 1.60, 1.50) = 1.5m$$

4-2 تنشهای مجاز

با توجه به بند 18-3-3 آیین نامه ACI براي سيستمهاي دال دو طرفه كلاس طراحي براي حالت بهره‌برداري U درنظر گرفته شده است. تنش كششي دورترين تار كششي در ناحيه كشش پيش فشرده كه بر اساس بارهای بهره برداری محاسبه می شود، برای دال‌های دو طرفه به مقدار زير محدود مي‌گردد :

$$f_t \leq 0.5\sqrt{f'_c} = 0.5\sqrt{35} = 2.95\frac{N}{mm^2}(ACI318 - 05 - 18.3.3)$$

مطابق بند 18-3-4 در مورد اعضاي خمشي كلاس U بايد تنشها در حالت بارهاي بهره‌برداري با استفاده از مقطع ترك نخورده محاسبه شوند.

مطابق بند 18-4-1 تنشهای موجود در بتن بلافاصله پس از انتقال پيش تنيدگی (قبل از محو شدن افتهای پيش تنيدگی وابسته به زمان) نبايد از مقادير زير بيشتر شوند:

الف- تنش در دورترين تار فشاری $0.6f'_{ci} = 14.7\frac{N}{mm^2}$

ب- تنش در دورترين تار كششی $0.25\sqrt{f'_{ci}} = 1.246\frac{N}{mm^2}$

مطابق بند 18-4-2 تنشهاي فشاري موجود در اثر بارهاي بهره‌برداري براي كلاسU نبايد از مقادير زير بزرگتر گردند :

الف – تنش در دورترین تار فشاري ناشی از پیش تنیدگی به علاوه بارهای دائمي :

$$0.45 f'_c = 15.75 \frac{N}{mm^2}$$

ب– تنش در دورترین تار فشاري ناشی از پیش تنیدگی به علاوه کل بارهای اعمال شده :

$$0.6 f'_c = 21 \frac{N}{mm^2}$$

مطابق بند 18-5-1 تنش کششي در فولاد پیش تنیدگي هنگام جك زدن نباید از کوچکترین مقدار زیر بزرگتر گردد :

$$0.94 f_{py} = 1598 \frac{N}{mm^2}$$

$$0.8 f_{pu} = 1488 \frac{N}{mm^2}$$

4-3 تغییرمکان مجاز

با توجه به بند 18-3-5 تغییرمکان‌ها در اعضاي خمشي پیش‌تنیده باید بر اساس بند 9-5-4 و جدول ب-9-5 و به صورت زیر محاسبه گردد :

کفها یا بام‌هایي که به اجزای غیر سازه‌ای که احتمال آسیب رسیدن به آنها تحت تغییرمکانهای بزرگ وجود دارد متصل بوده یا آنها را تحمل می کنند:

$$\Delta_{max} = \frac{l}{480} (cm)$$

در کنترل تغییر شکل، اثرات دراز مدت و خزش بتن مطابق بند ACI 9.5.4.3 در نظر گرفته شده است.

بخش 5

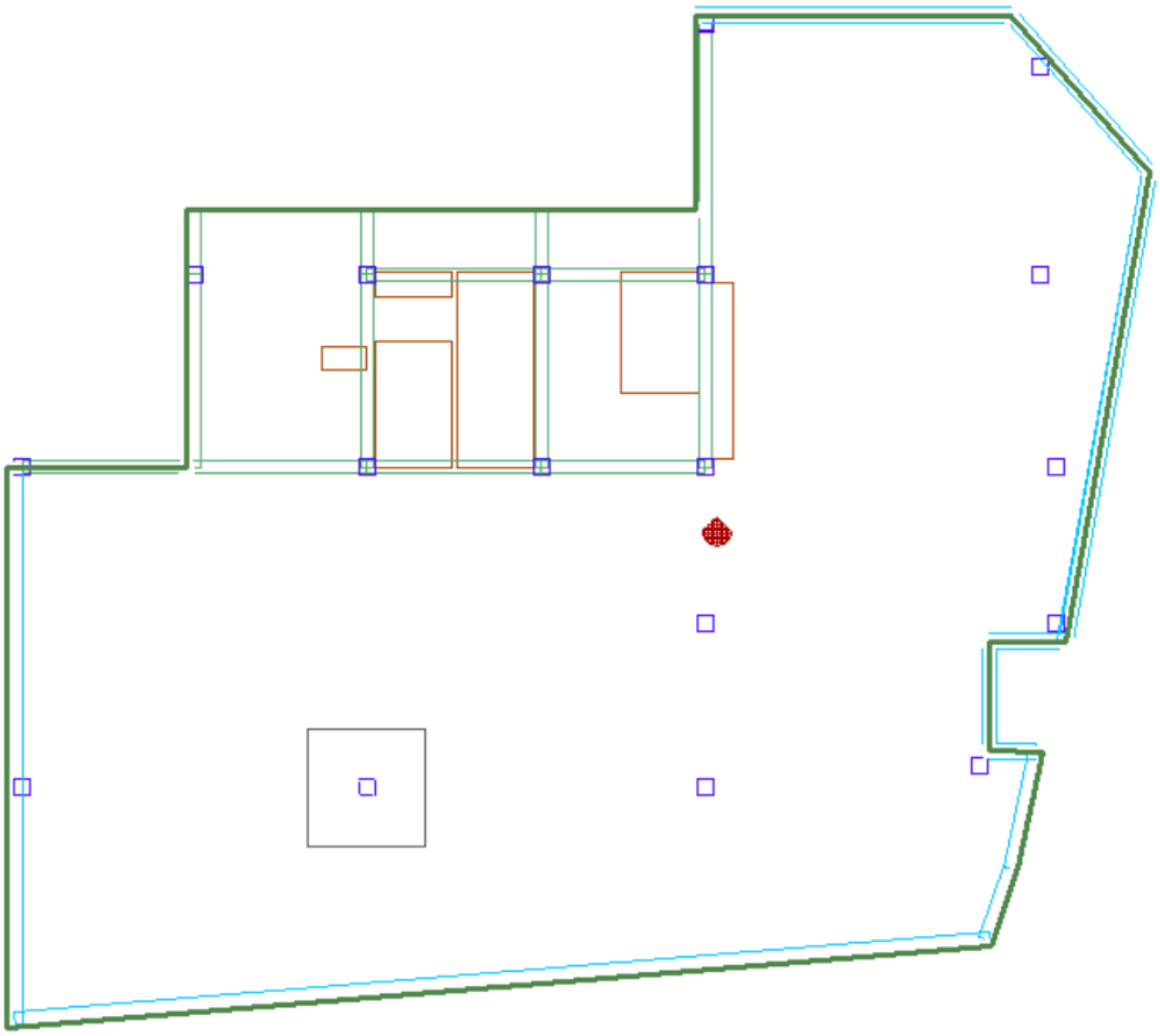
کنترل نتایج

5- کنترل نتایج

به تفکیک تصاویر مدل سازd و پلان‌های تاندون گذاری، کنترل تغییرشکل برای کلیه حالات بارگذاری نشان داده شده است.

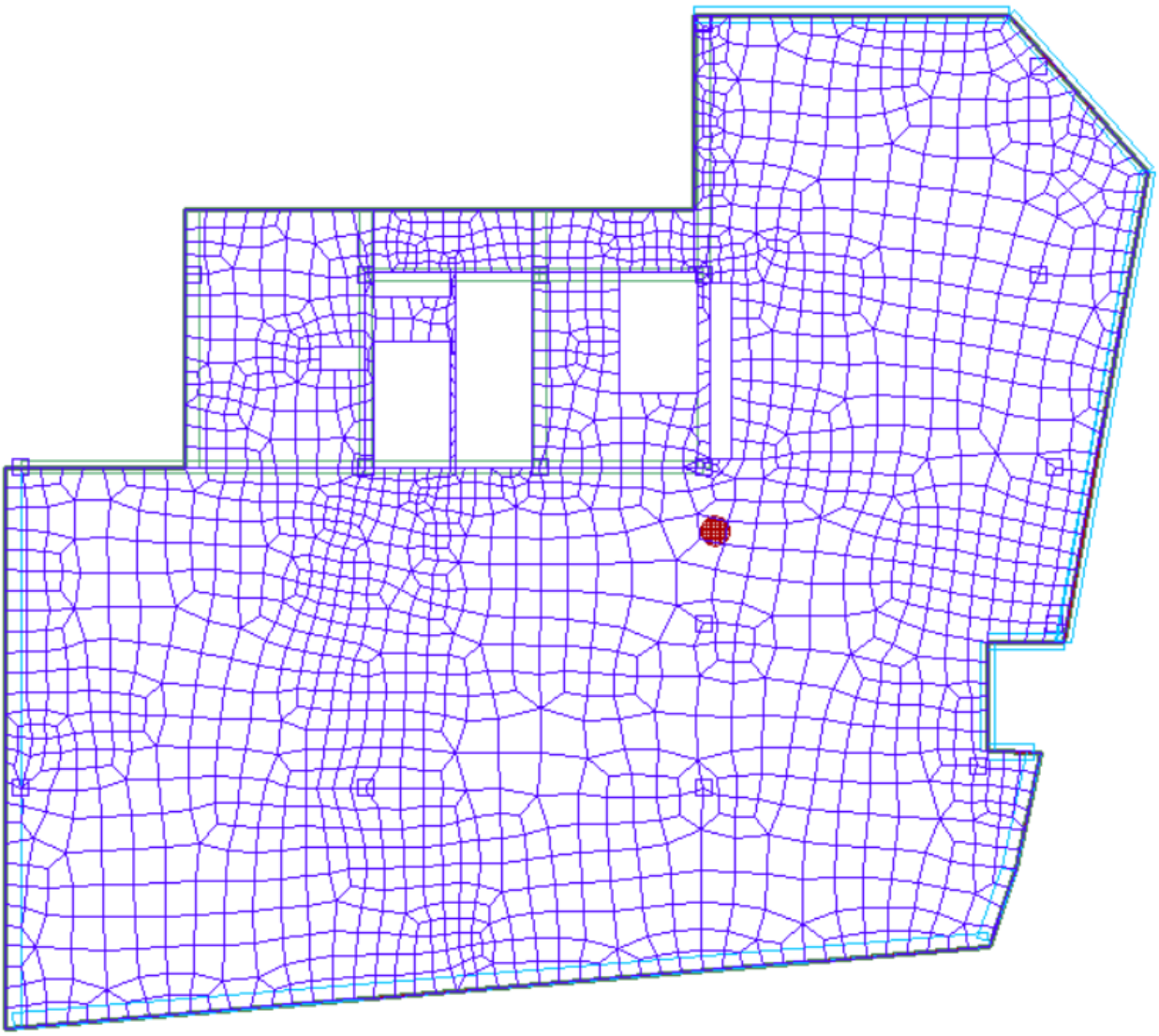
5-1 نمای سه بعدی از مدل سقف پیش تنیده:

الف-تراز طبقات زیرزمین:

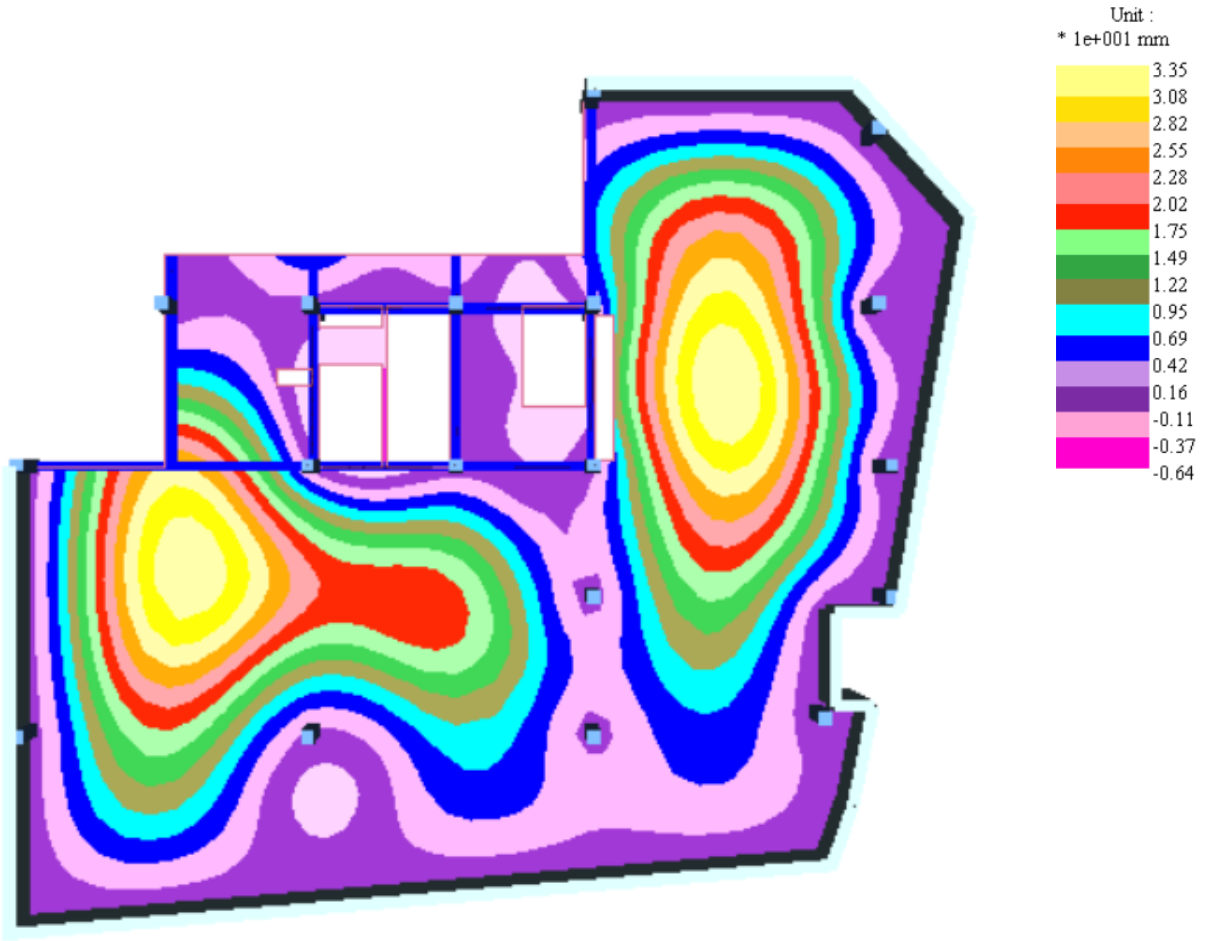


5-2 پلان المان‌بندی اجزا محدود

المان بندی توسط برنامه ADAPT به روش المان‌بندی بهینه انجام می شود. این برنامه در نواحی مورد نیاز از مش‌بندی ریزتر بصورت اتوماتیك استفاده می کند.



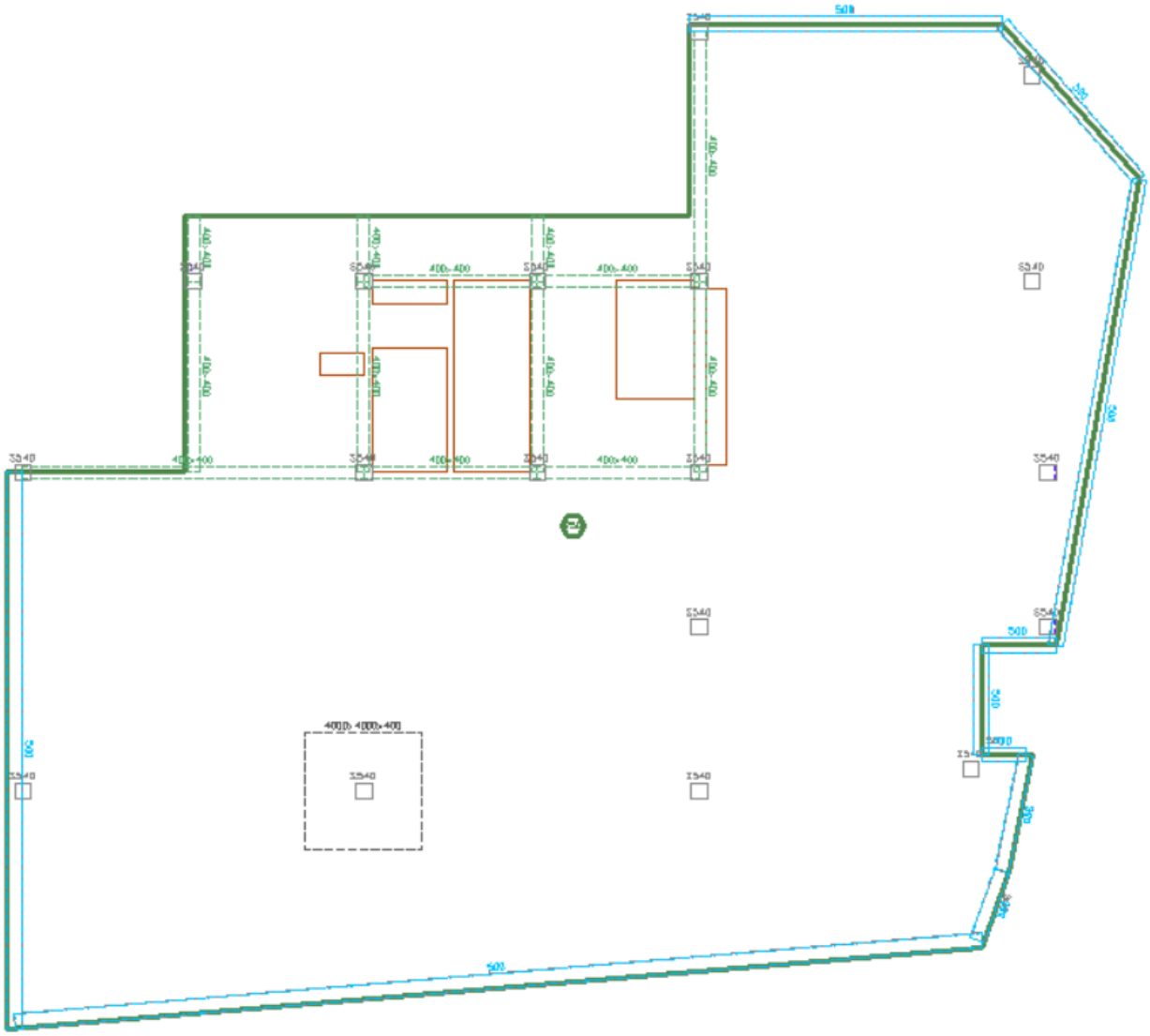
5-3 کنترل تغییر شکل:



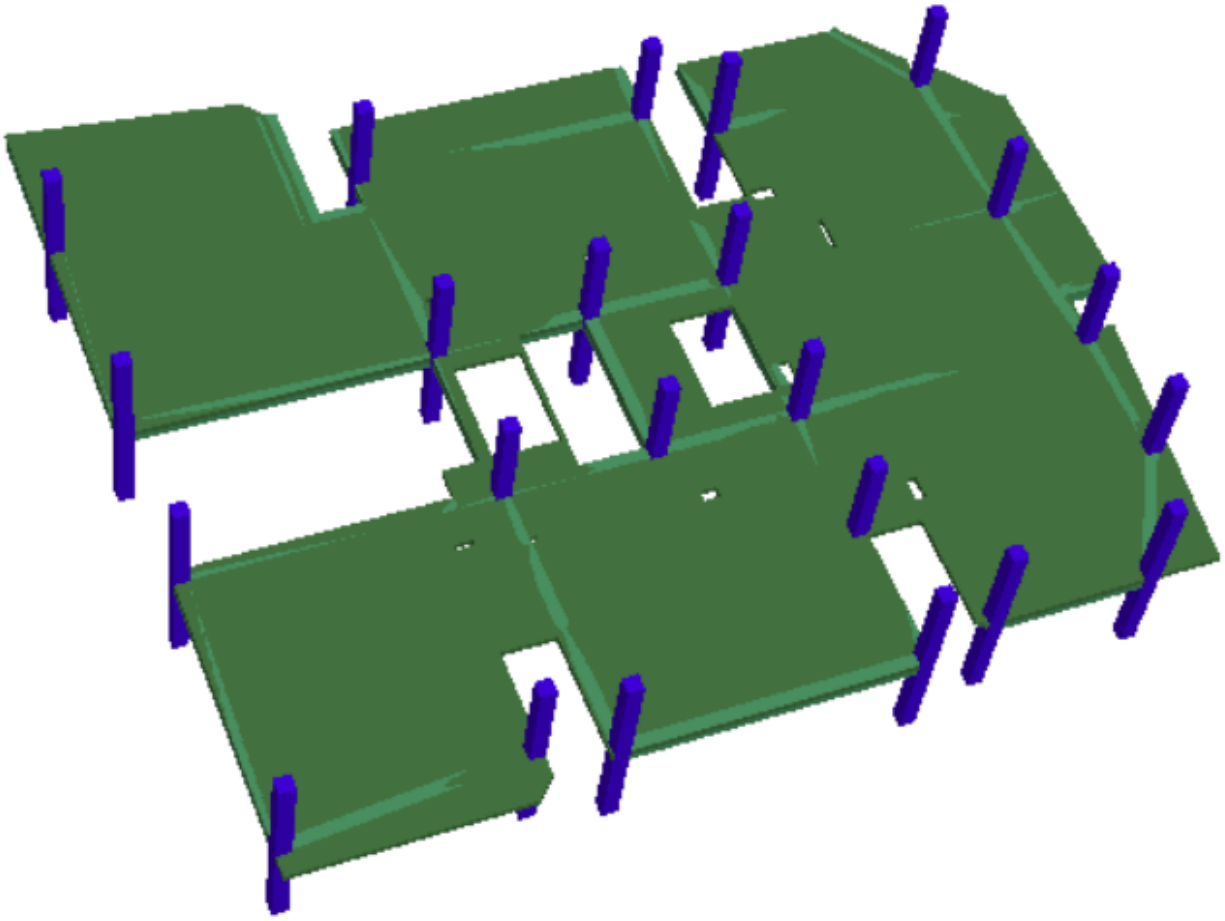
5-4 پلان مشخصات اعضای سازه ای در طبقات زیرزمین:

ضخامت دال پیش تنیده در این سازه برابر با **25 سانتیمتر** می باشد.

همانطور که در شکل زیر مشخص می باشد در سقف طبقات زیرزمین هیچگونه تیری در فضاهای داخلی وجود ندارد و این مهم می تواند منجر به کاهش حجم خاکبرداری به علت کاهش ارتفاع طبقات زیرزمین گردد.

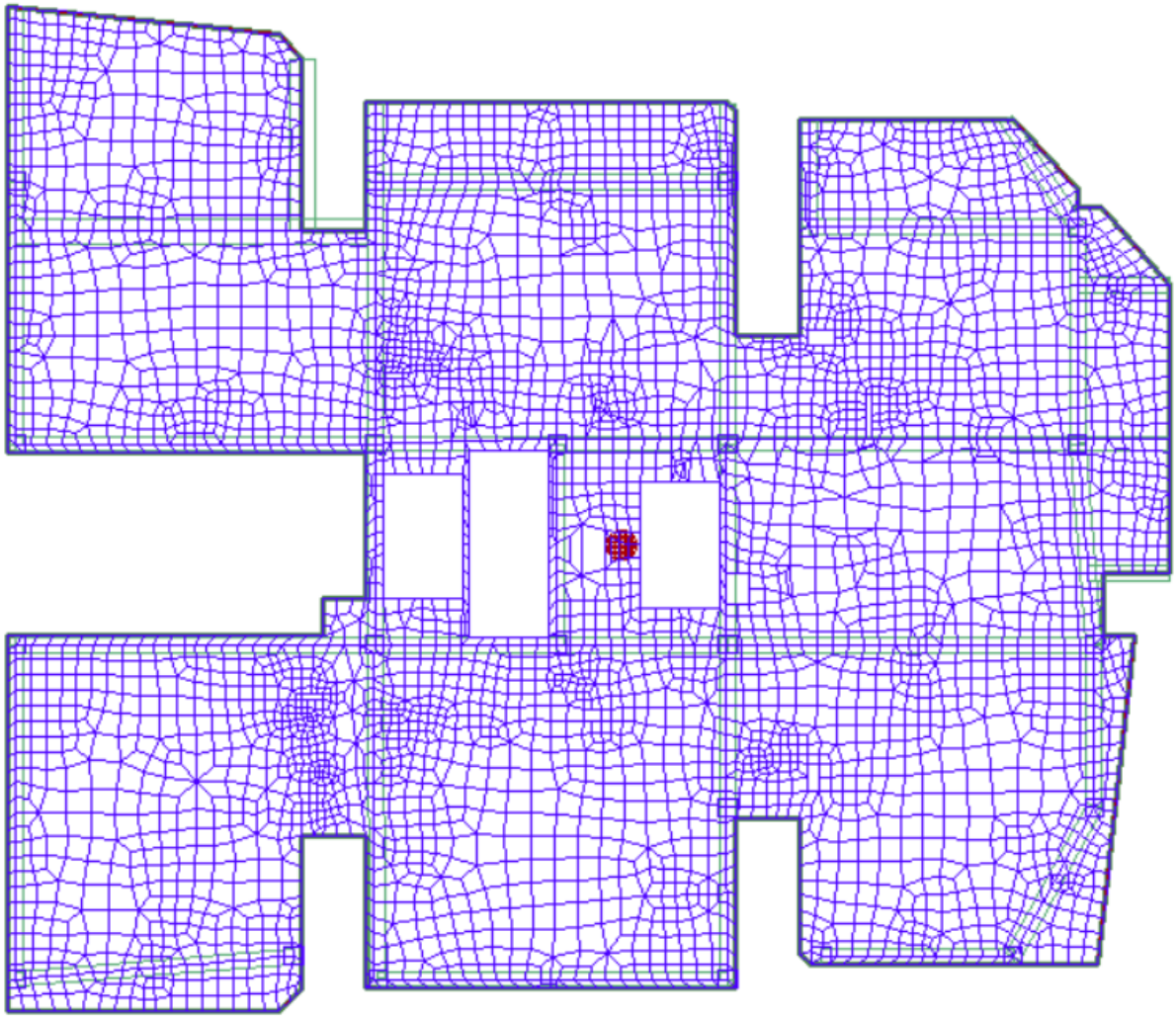


ب- تراز طبقات مسکونی:

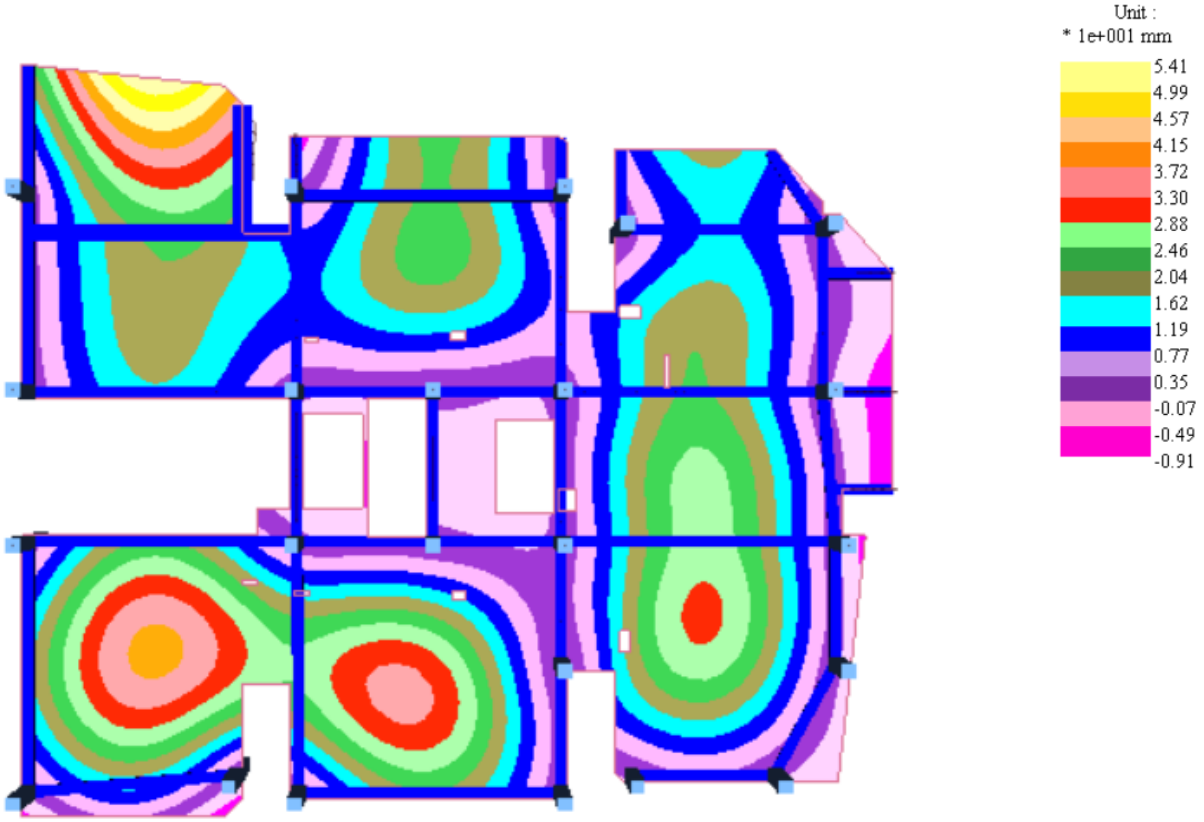


5-6 پلان المان‌بندی اجزامحدود

المان بندی توسط برنامه ADAPT به روش المان‌بندی بهینه انجام می شود. این برنامه در نواحی مورد نیاز از مش‌بندی ریزتر بصورت اتوماتیك استفاده می‌کند.



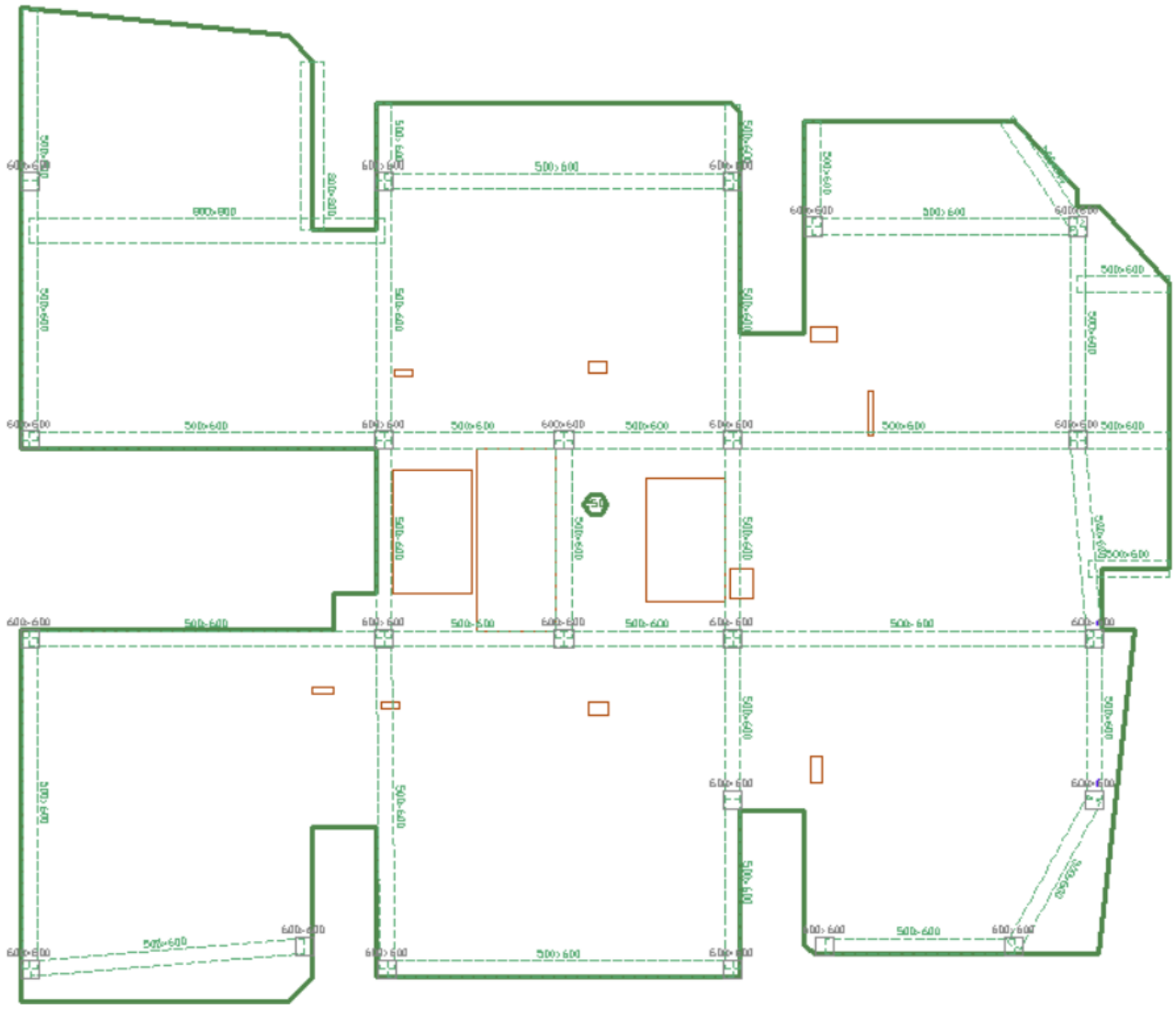
5-7 کنترل تغییر شکل:



5-8 پلان مشخصات اعضای سازه ای در طبقات مسکونی :

ضخامت دال پیش تنیده در این سازه برابر با **25 سانتیمتر** می باشد.

ارتفاع تیرهای خمشی در طبقات 60 تا 70 سانتیمتر می باشد که با درنظرگرفتن 25 سانتیمتر ضخامت دال، سقف ها 35 تا 40 سانتیمتر آویز خواهند داشت.



جدول احجام و قیمت اجرای سازه بتنی با سقف Post Tension

ردیف	عناوین مقایسه‌ای	وزن آرماتور سازه (کیلوگرم بر متر مربع)	حجم بتن سازه (متر مکعب بر متر مربع)	ضخامت سقف (سانتیمتر)	زمان تقریبی اجرای هر طبقه (روز)	هزینه کل سازه (ریال بر متر مربع)
1	سازه بتنی با سقف پس کشیده **APS**	65	0.55	ضخامت دال: 25	10 تا 15 روز	60,000,000 ریال

هزینه های بالاسری و تجهیز کارگاه شامل هزینه کل سازه نمی باشد.

با توجه به اینکه گزارش فاز یک و اولیه می باشد و احجام و وزن مصالح مصرفی تقریبی می باشد.

معیار قیمت های مصالح:

1) قیمت هرکیلوگرم میلگرد وحمل و نقل آن 300,000 ریال
2) قیمت هرمترمکعب بتن با مقاومت 500 کیلوگرم بر سانتیمترمربع برابر با 17,000,000 ریال.
3) هزینه اجرای سازه بتنی/پیمانکاری شامل تامین قالب, نصب قالب, آرماتوربندی, ریختن و عمل آوری بتن و کارهای عمومی سازه جهت هر متر مربع بین 12,000,000 ریال می باشد.
4) هزینه طراحی, تامین مصالح و اجرای سقف پس کشیده جهت هر مترمربع 20,000,000 ریال می باشد.

..... End of Report .....