آموزش تصویری برنامه
SAP 2000

زمستان ۹۱

تهیه کننده: دکتر مهدی شریفی
دانشکده فنی مهندسی دانشگاه قم

Table of Contents

۱ هدف ۳

۲ مقدمه ۳

۳ شرح مسئله ۳

۴ اعمال و توزیع بار ۵

۵ تهیه مدل سازه ای ۷

۵-۱ مقدمه ۷

۵-۲ باز نمودن برنامه و انجام تنظیمات اولیه ۷

۵-۳ تعریف مشخصات مکانیکی مصالح ۱۳

۵-۴ تعریف مشخصات هندسی مقاطع تیر و ستون ۱۷

۵-۵ تعریف منابع اولیه بار (Static Load Cases) شامل بار مرده، زنده، بار زلزله جهت عرضی و طولی ۲۴

۵-۶ ترسیم المان ها ۲۸

۵-۷ اختصاص (Assign) مشخصات هندسی مقاطع به المان های ترسیم شده ۳۵

5-8 اختصاص تکیه گاه ها و قیود وابستگی (Diaphragm) ۳۷

5-9 اختصاص بارها ۴۶

۵-۱۰ تعریف ترکیبات بارگذاری ۵۵

۵-۱۱ انجام تحلیل ۶۰

۵-۱۲ مشاهده ی نتایج و گرفتن خروجی ۶۳

توجه داشته باشید این جزوه بصورت کامل بازبینی و ویراستاری نشده است و در آن امکان اشتباهات جزئی وجود دارد

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

۱ هدف

هدف اصلی در این مثال، ارائه مباحث اولیه مربوط به بارگذاری، مدل سازی و تحلیل در یک ساختمان بتنی دو طبقه می باشد. این مثال بگونه ای ساماندهی و ارائه می شود که دانشجو بتواند در طی آن، مراحل اولیه مدل سازی با برنامه ی Sap2000, Ver 14 را نیز فراگیرد.

۲ مقدمه

بطول کلی برای طراحی یک سازه مراحل زیر دنبال می شود:

۱ -تعیین پیکر بندی و سیستم سازه ای
۲ -تعیین و محاسبه ی بارهای وارده (بارگذاری)
۳ -اعمال و توزیع بار به عناصر باربر
۴ -تهیه مدل سازه ای
۵ -انجام تحلیل و تهیه خروجی های لازم شامل نیروهای داخلی، تغییر شکل ها و ..

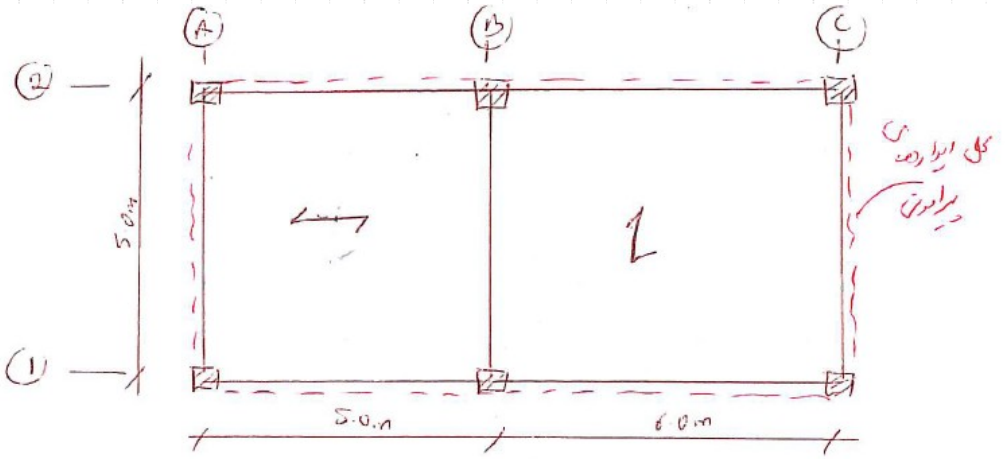
در این مثال بخش اول و دوم بعنوان فرضیات مسئله داده می شود و مراحل بعدی آن با توضیح بیشتر ارائه می گردد.

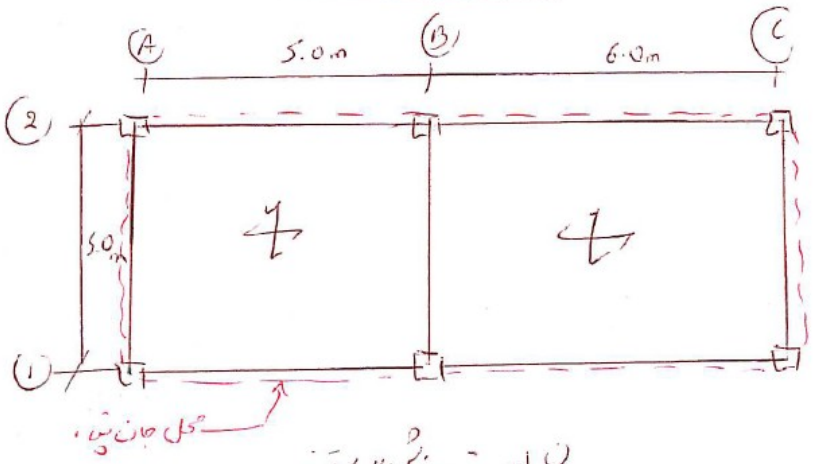
۳ شرح مسئله

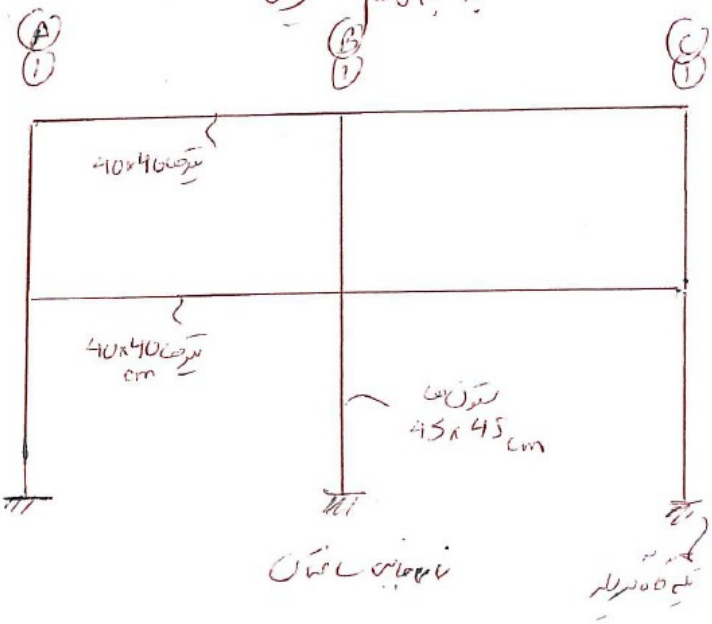
مسئله ی مورد نظر شامل یک ساختمان دو طبقه ی بتن آرمه می باشد. این ساختمان دارای یک دهانه عرضی (محور ۱ و ۲) و دو دهانه در راستای طولی است (محور های A و B و C). سازه دو طبقه بوده و ارتفاع ساختمان در طبقه ی اول از روی پی ۳/۵ متر و در طبقه دوم ۳/۲ متر است. کف سازه در طبقه ی اول از نوع تیرچه بلوک و در سقف دوم از نوع دال بتنی با ضخامت ۱۵ سانتی متر است. کاربری سازه مسکونی است. سایر اطلاعات بارگذاری سازه به شرح زیر می باشد:

- بار مرده طبقه اول شامل وزن کف سازه ای به اضافه ی سربار مرده برابر است با ۶۵۰ کیلو گرم بر متر مربع
- بار مرده طبقه دوم شامل وزن کف سازه ای به اضافه ی سربار مرده برابر است با ۷۲۵ کیلو گرم بر متر مربع
- بار زنده ی طبقه اول ۲۰۰ و بار زنده طبقه دوم ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مربع می باشد
- در اطراف ساختمان در طبقه ی دوم یک دیوار با ارتفاع ۲/۸ متر و در طبقه ی دوم یک دیوار جان پناه به ارتفاع ۱ متر با وزن مرده ی ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مربع وارد می شود.
- بار زلزله سازه در طبقه ی اول برابر با ۵ تن و در طبقه ی دوم ۱۰ تن می باشد.

سایر اطلاعات هندسی سازه در شکل زیر نشان داده شده است.



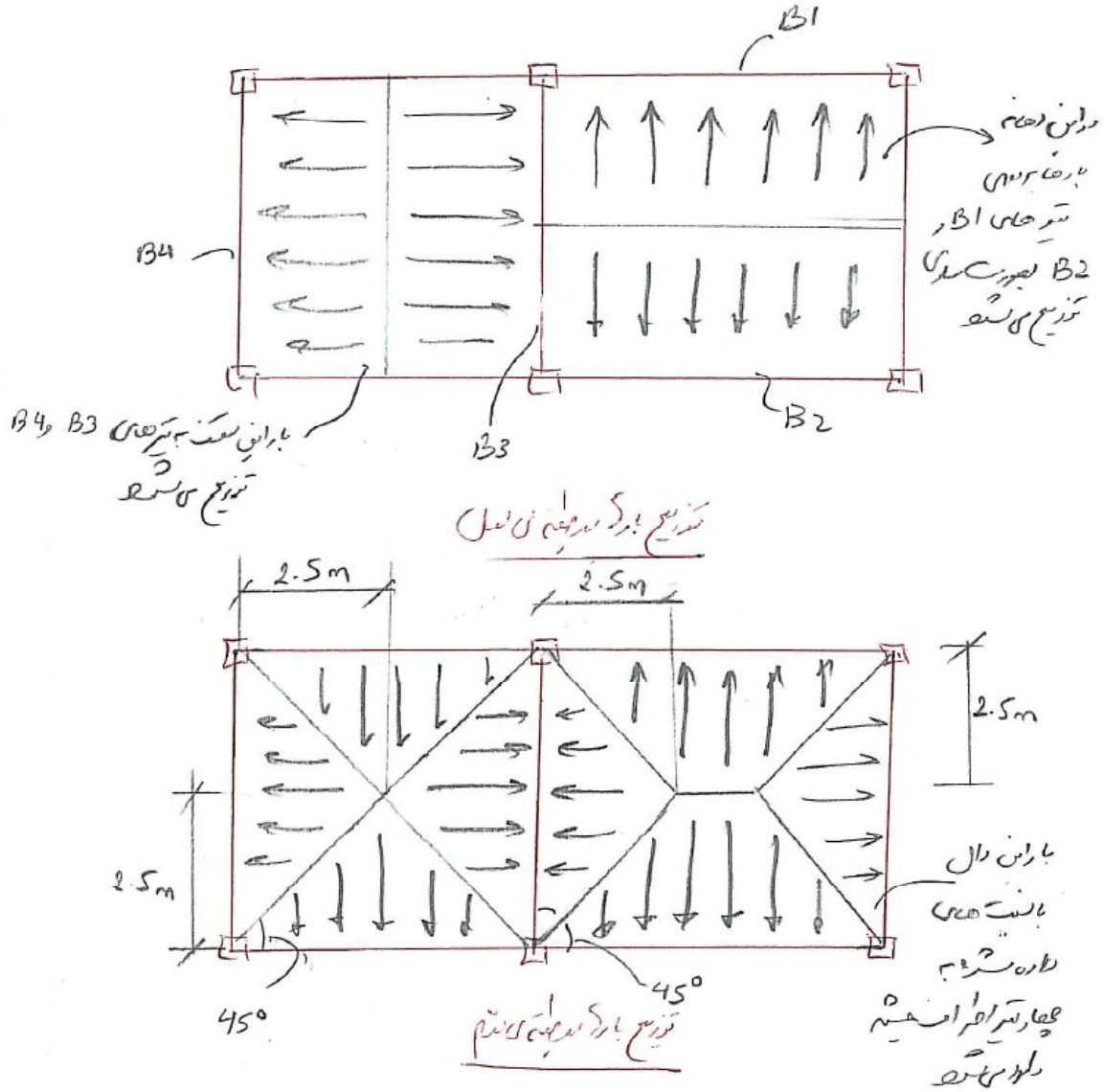




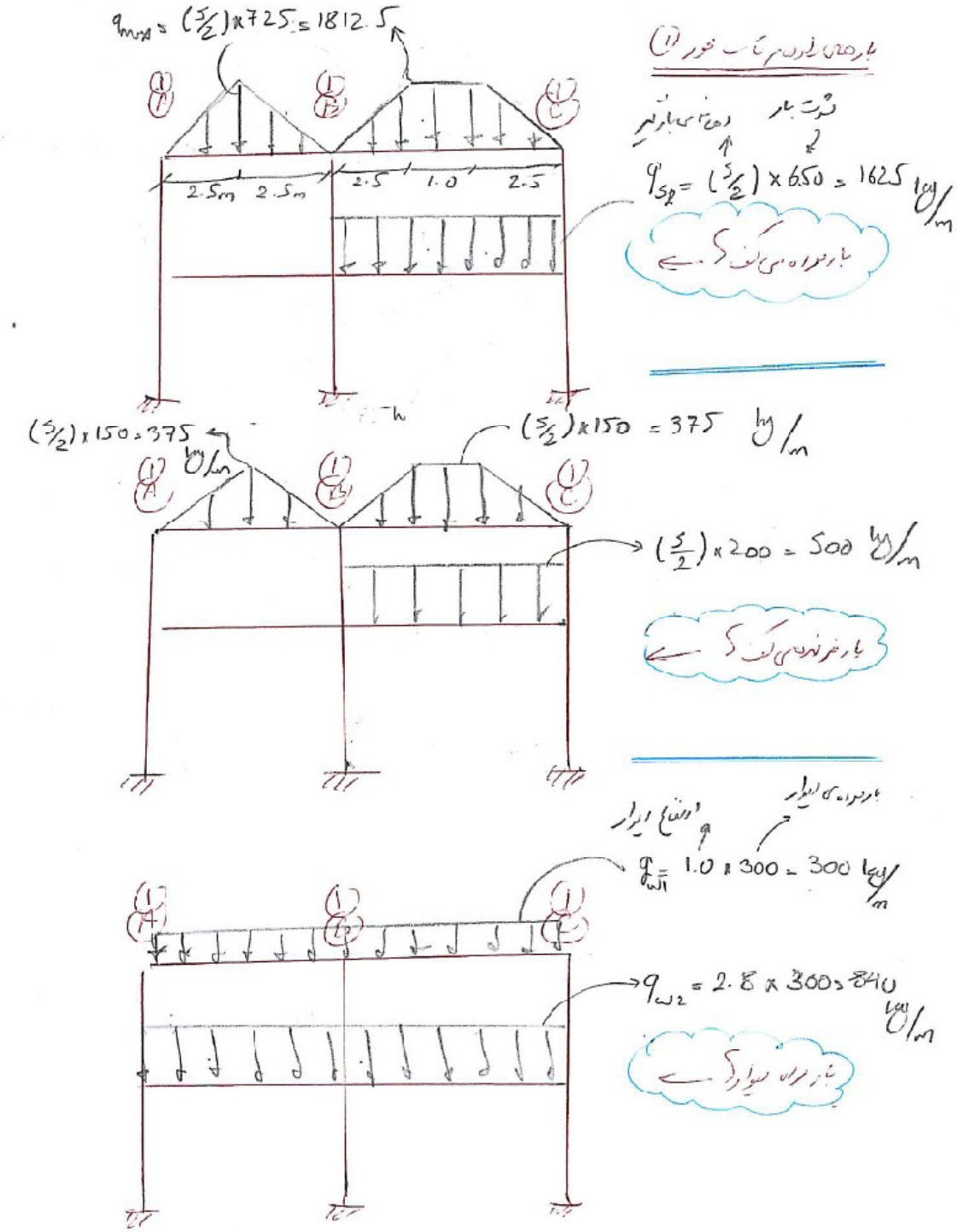
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

٤ اعمال و توزیع بار

با توجه به سیستم کف سازه در طبقه ی اول بار مرده و زنده به تیرهایی می رسند که در جهت تیر ریزی تیرچه ها قرار دارند. این مسئله در شکل های زیر نشان داده شده است. در طبقه ی دوم با توجه به اینکه دال از نوع بتنی است، بارها بصورت ذوزنقه ای مطابق با شکل زیر توزیع می گردد.



همچنین بار دیوار های پیرامونی و دیوار جان پناه زیر به تیرهای اطراف ساختمان وارد می گردد.



نیروی زلزله بایستی مطابق با توزیع جرم سازه در پلان و ارتفاع توزیع گردد. برای این روش می توان بصورت ساده سهم بارگیر قاب ها را محاسبه نمود و بار زلزله را به قاب ها بصورت مجزا اعمال نمود و یا اینکه کل نیرو به مرکز جرم طبقه اعمال گردد و برنامه ی تحلیل وظیفه ی توزیع آن را بر عهده گیرد. دراین مثال از روش دوم استفاده می شود.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

۵ تهیه مدل سازه ای

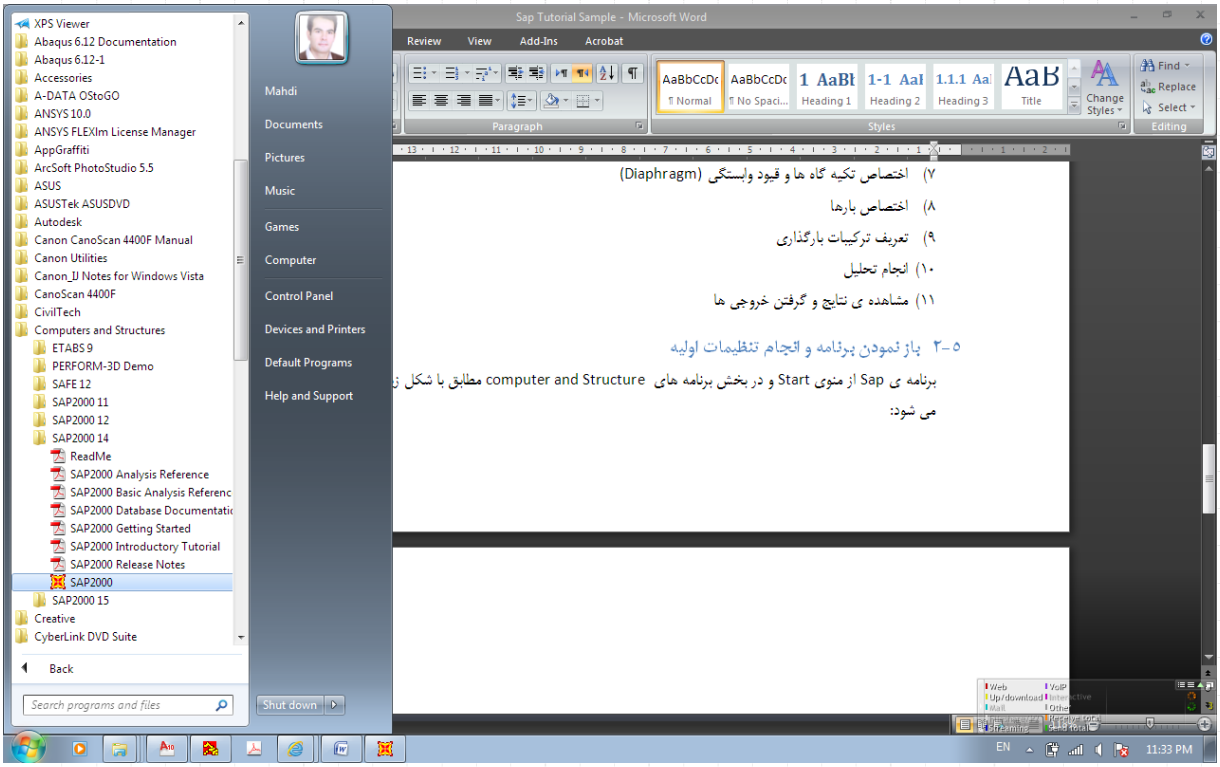
۵-۱ مقدمه

برای تهیه مدل ریاضی بایستی مراحل زیر را به ترتیب انجام داد:

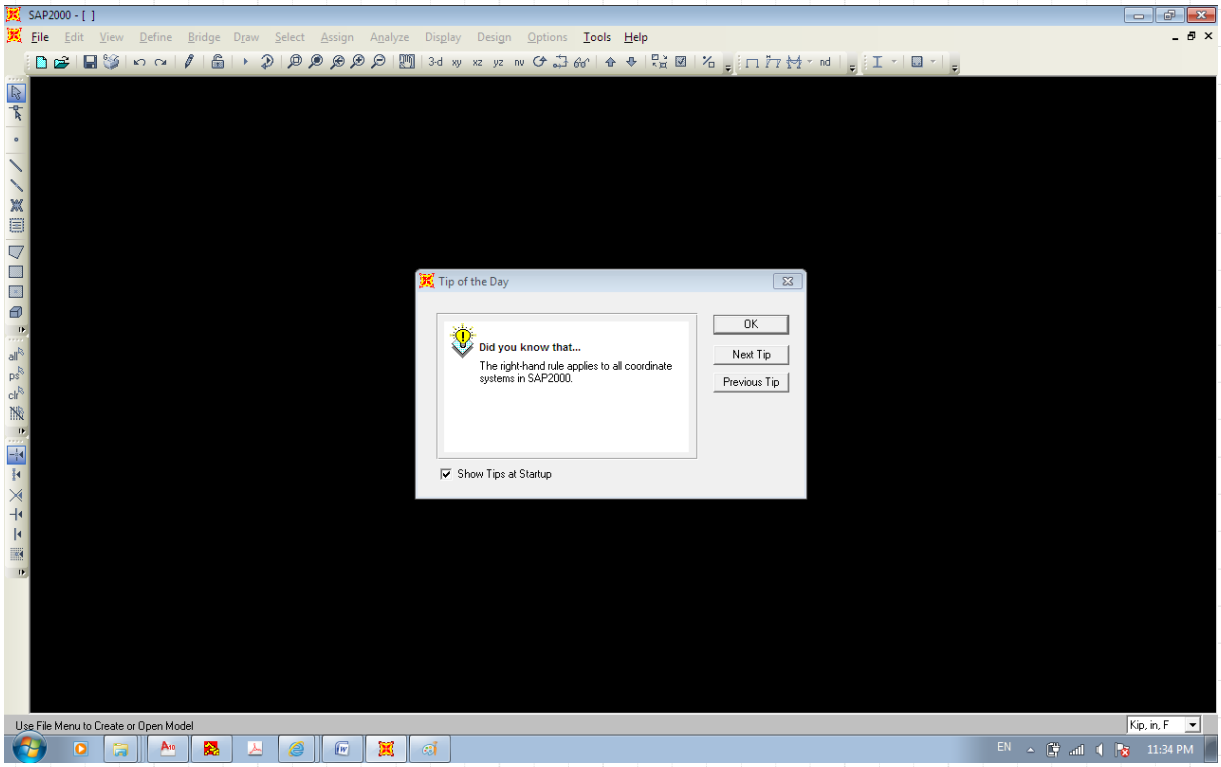
۱) باز نمودن برنامه و انجام دادن تنظیمات اولیه شامل واحد ها و شبکه بندی (Grid Line)
۲) تعریف مشخصات مکانیکی مصالح
۳) تعریف مشخصات هندسی شامل مقاطع تیر و ستون
۴) تعریف منابع اولیه بار (Static Load Cases) شامل بار مرده، زنده، بار زلزله جهت عرضی و طولی
۵) ترسیم المان ها شامل تیرها و ستون ها
۶) اختصاص (Assign) مشخصات هندسی مقاطع به المان های ترسیم شده
۷) اختصاص تکیه گاه ها و قیود وابستگی (Diaphragm)
۸) اختصاص بارها
۹) تعریف ترکیبات بارگذاری
۱۰) انجام تحلیل
۱۱) مشاهده ی نتایج و گرفتن خروجی ها

۵-۲ باز نمودن برنامه و انجام تنظیمات اولیه

برنامه ی Sap از منوی Start و در بخش برنامه های computer and Structure مطابق با شکل زیر بر روی صفحه نمایان می شود:

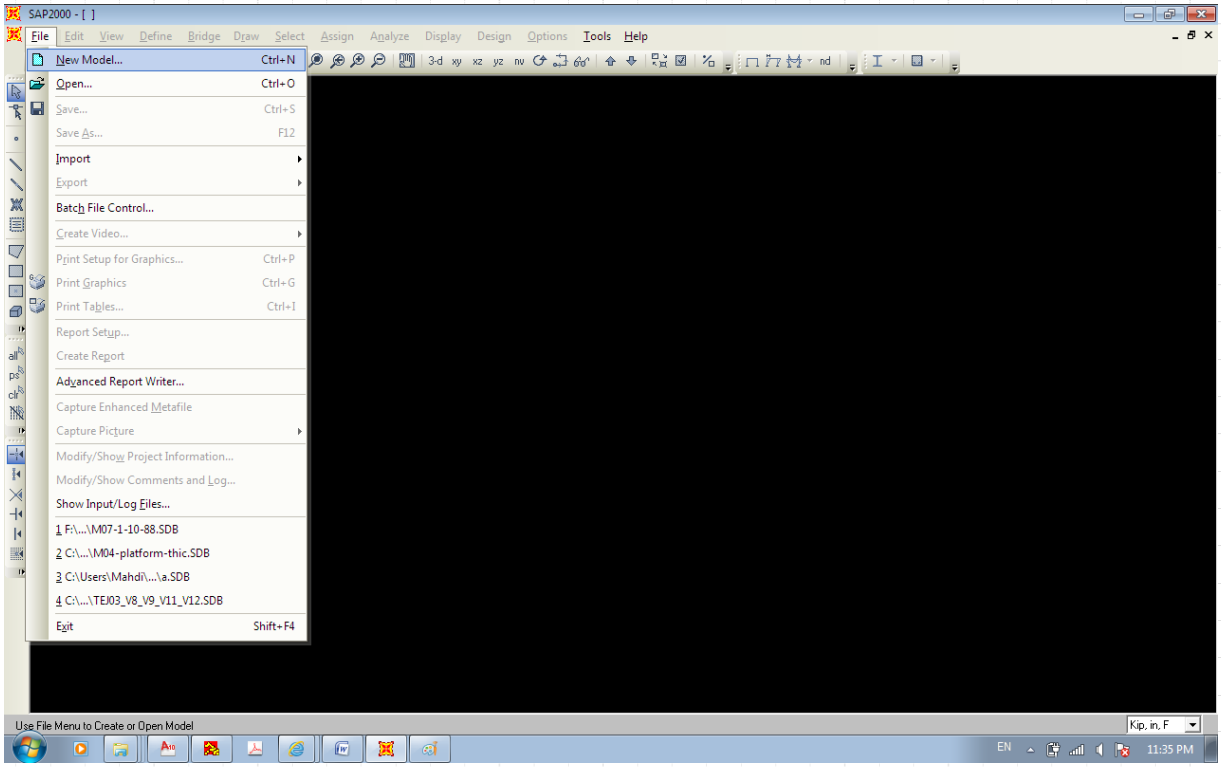


نمای اولیه برنامه به صورت شکل زیر می باشد

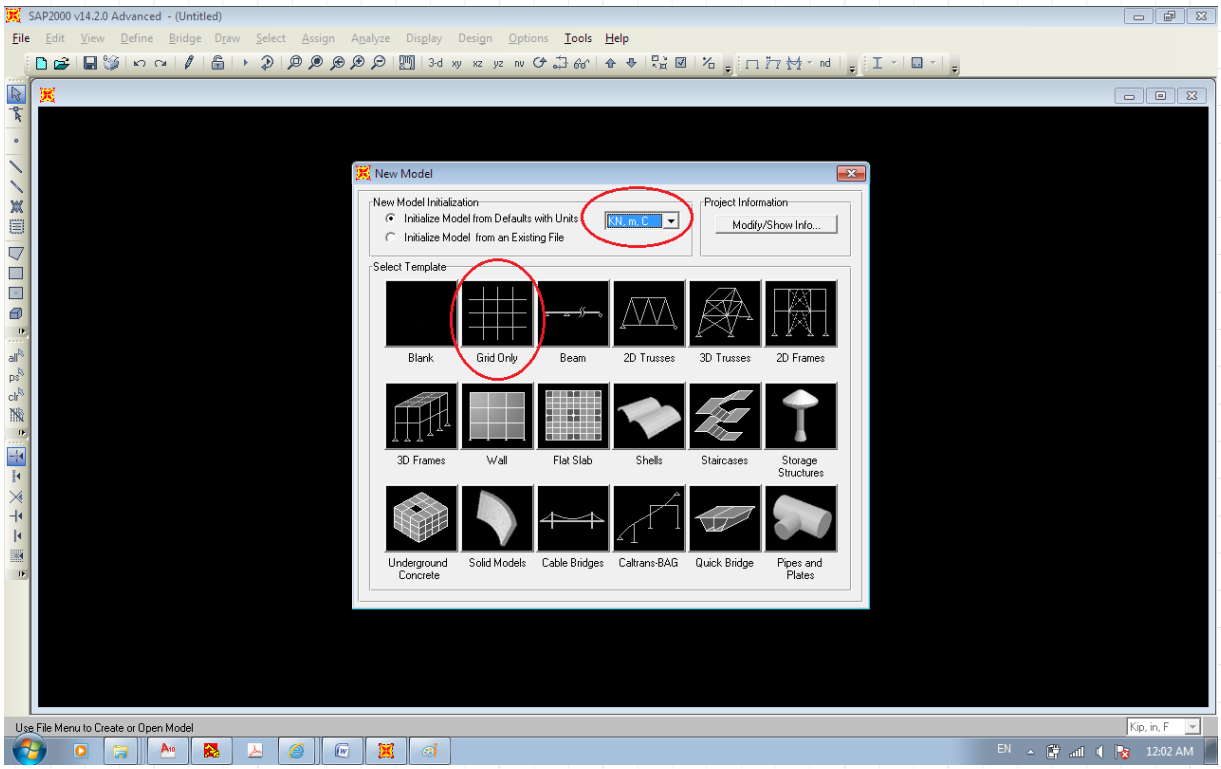


برای شروع مدل سازه، بعد از بستن پنجره Tip of the Day از قسمت فایل گزینه New Model را کلیک می نماییم

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

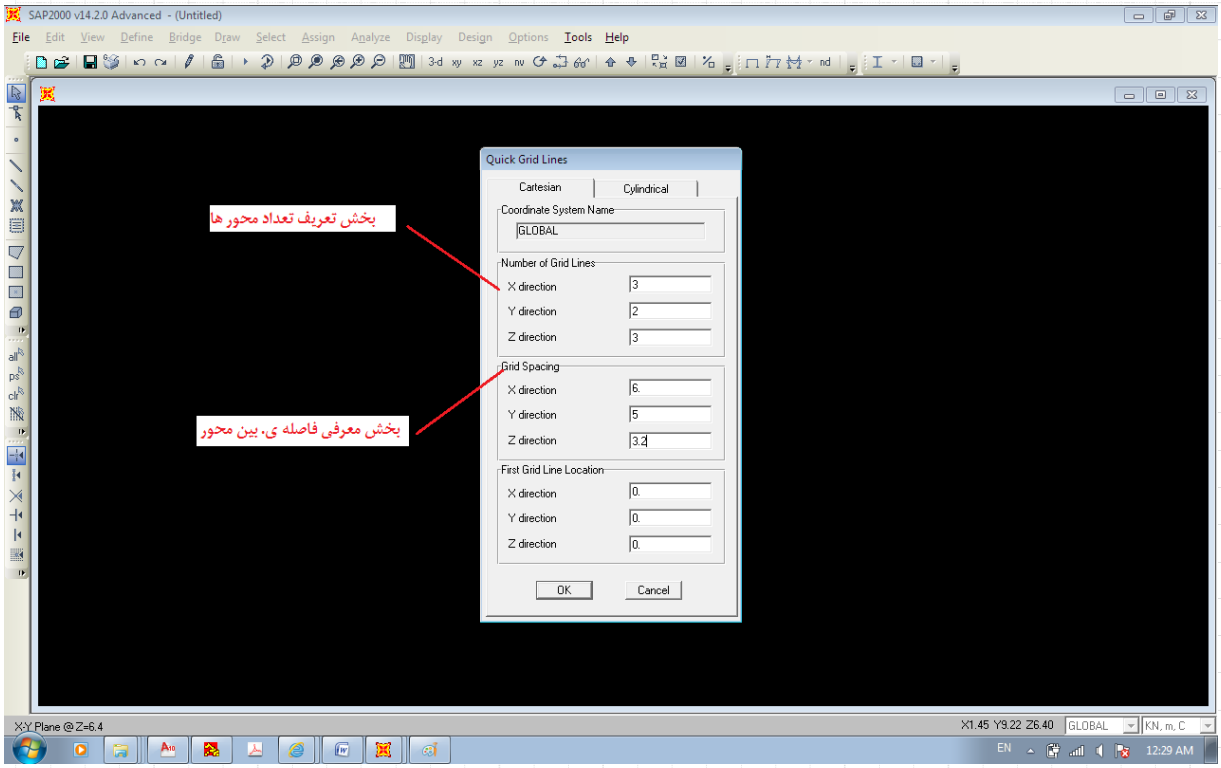


پنجره زیر بر روی صفحه ظاهر می شود که شما بایستی ابتدا بخش واحد ها را مطابق با خواست خود تنظیم نموده و سپس بر روی گزینه ی Grid Only که در شکل زیر مشخص شده اند کلیک نمایید.



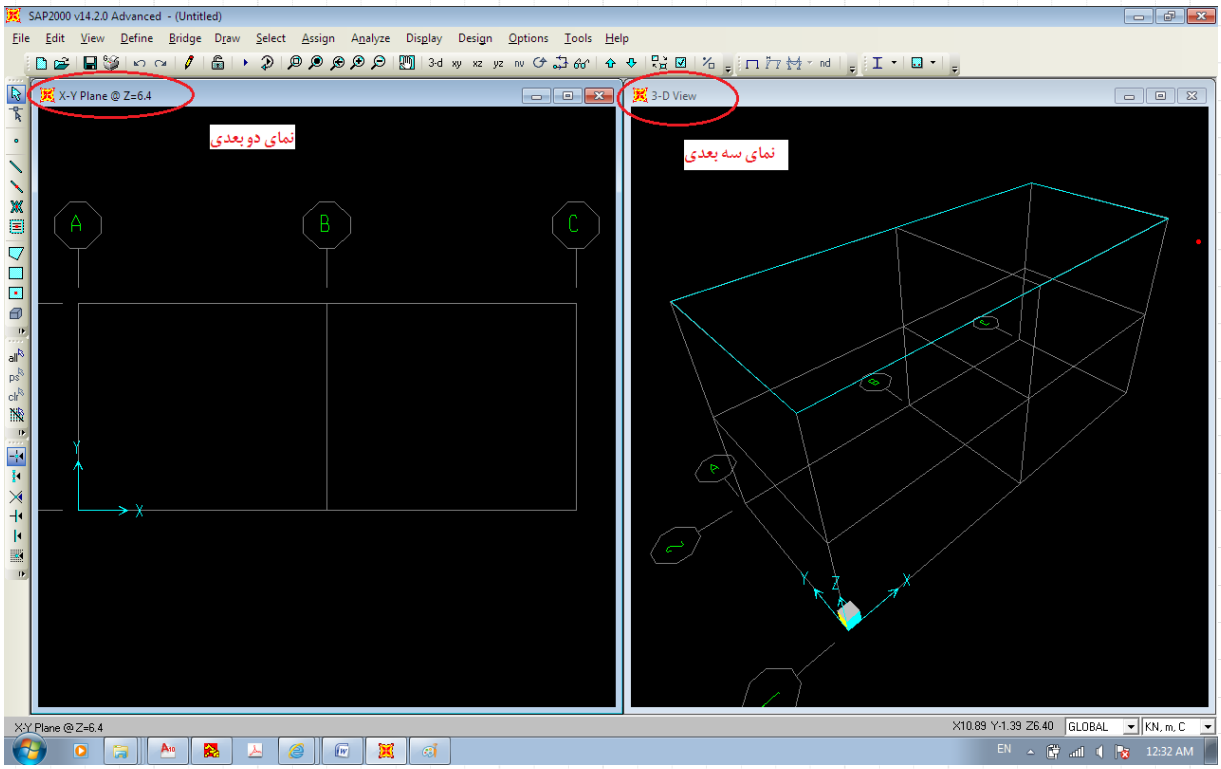
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

با انتخاب گزینه ی Grid Only، پنجره وارد نمودن اطلاعات شبکه بندی که در واقع نمایانگر تعریف محور های ساختمان است مشخص می گردد که با توجه به ساختمان این مسئله بصورت زیر بایستی تکمیل گردد.

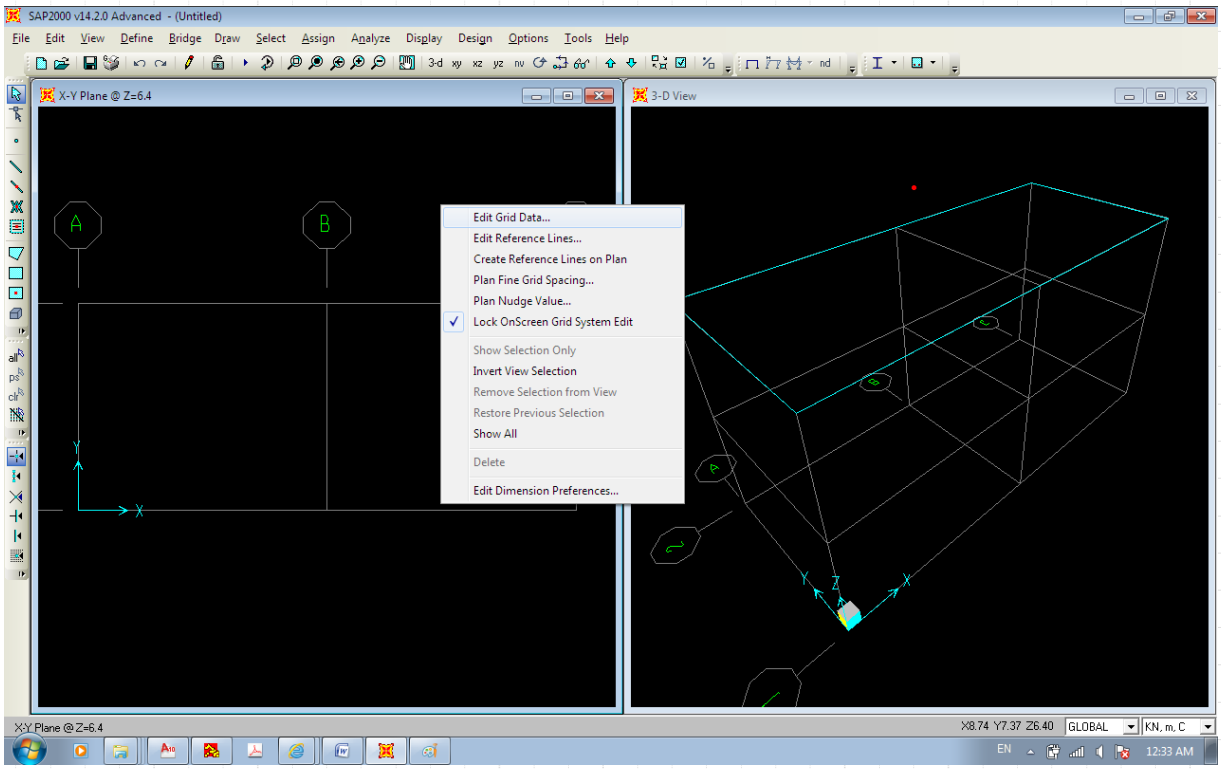


همانگونه که مشاهده می کنید در این بخش نمی توانیم تمامی اطلاعات و اندازه ی بین محور ها را وارد کنیم. لذا بر روی کلمه ی OKکلیک کرده تا صفحه ی شکل زیر نمایان گردد.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

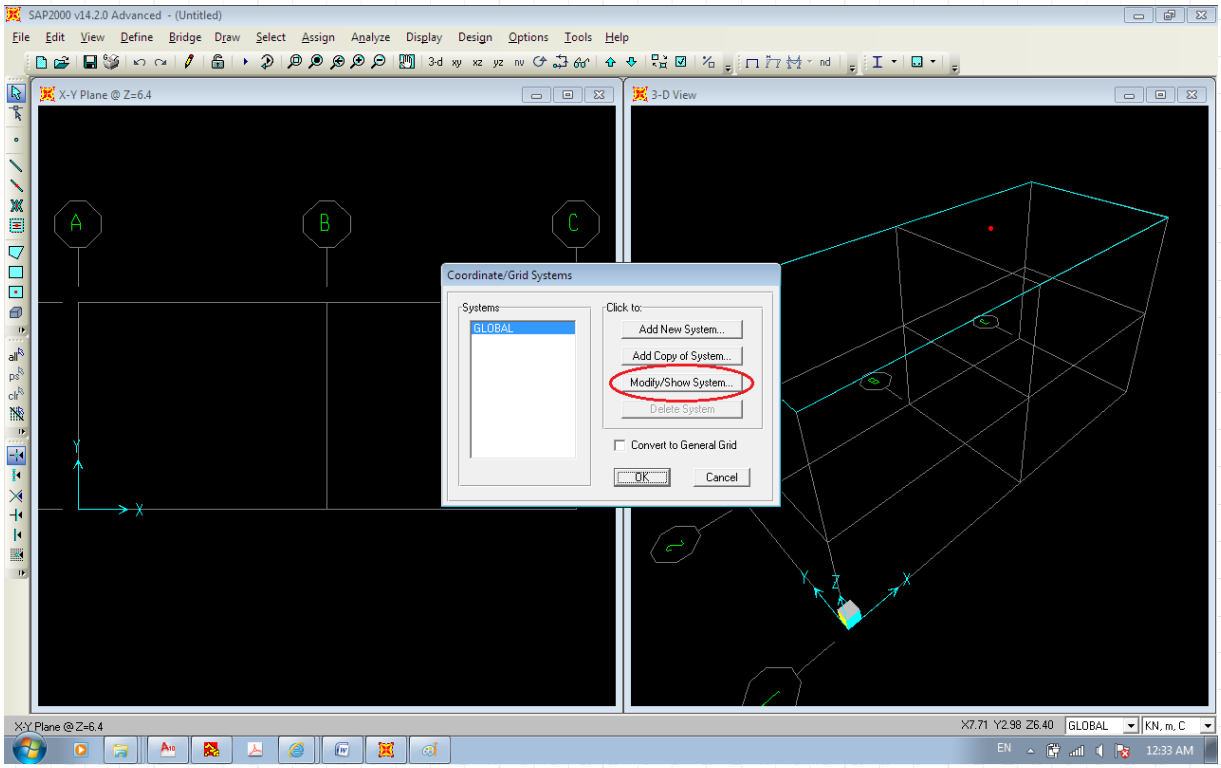


همانگونه که مشاهده می کنید بر روی صفحه ی نمایش دو پنجره که یکی از آنها نمای سه بعدی و دیگری نمای دو بعدی است قابل مشاهده است. اکنون در یک از صفحات کلیک چپ نموده تا صفحه زیر ظاهر گردد.



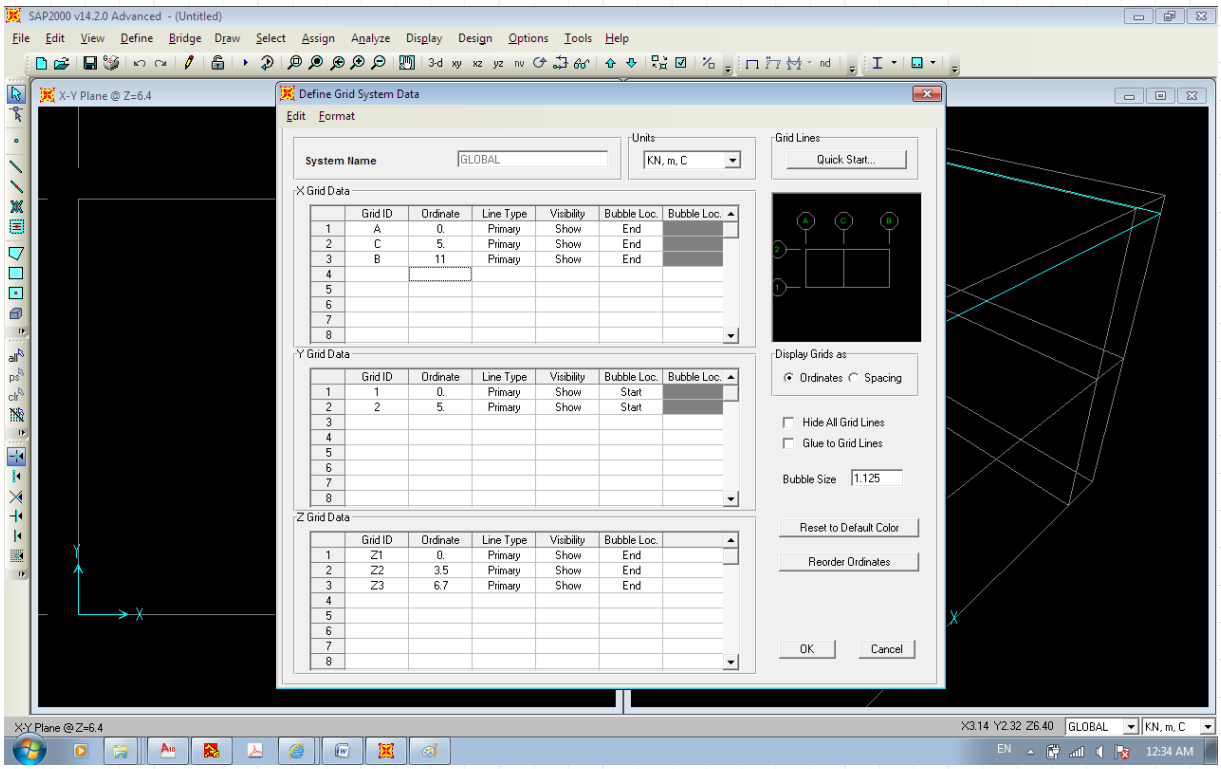
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

با کلیک کردن بر روی گزینه ی Edit Grid Data صفحه ویرایشی شبکه بندی بصورت زیر ظاهر می شود



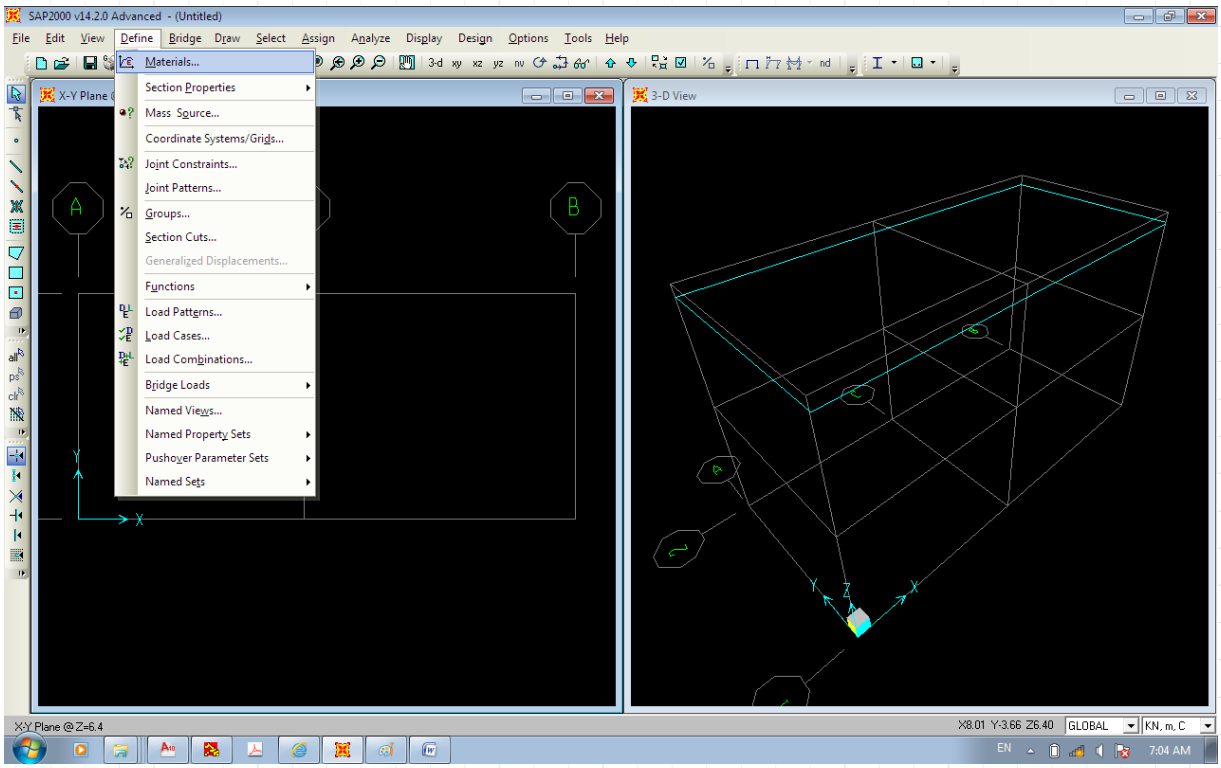
در این صفحه گزینه Modify Show System را انتخاب نموده و اطلاعات مربوط به هندسه ی سازه را مطابق با شکل زیر اصلاح می نماییم و با انتخاب گزینه OK در دو مرحله به صفحه ی نمایشی وارد وارد می شویم که فاصله ی بین محورهای اصلاح شده است.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



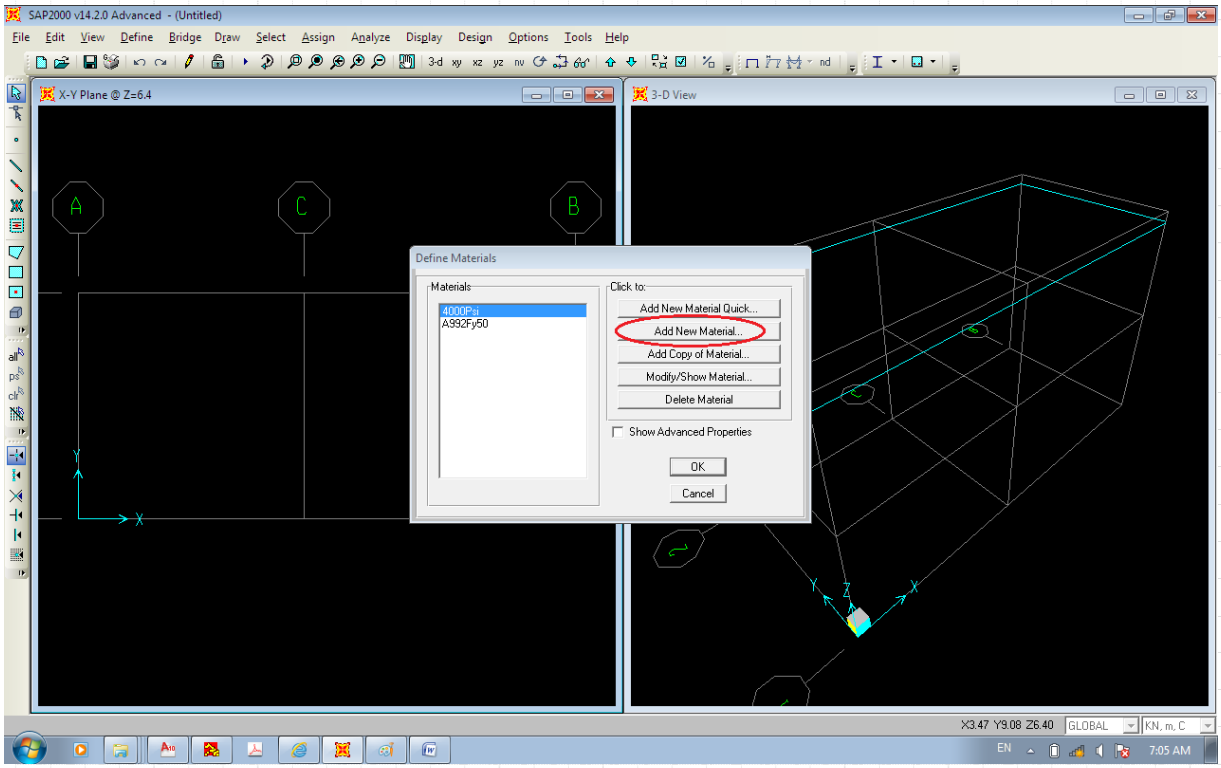
۵-۳ تعریف مشخصات مکانیکی مصالح

تعریف مشخصات مکانیکی مصالح از منوی Define\Material مطابق با شکل زیر می باشد.

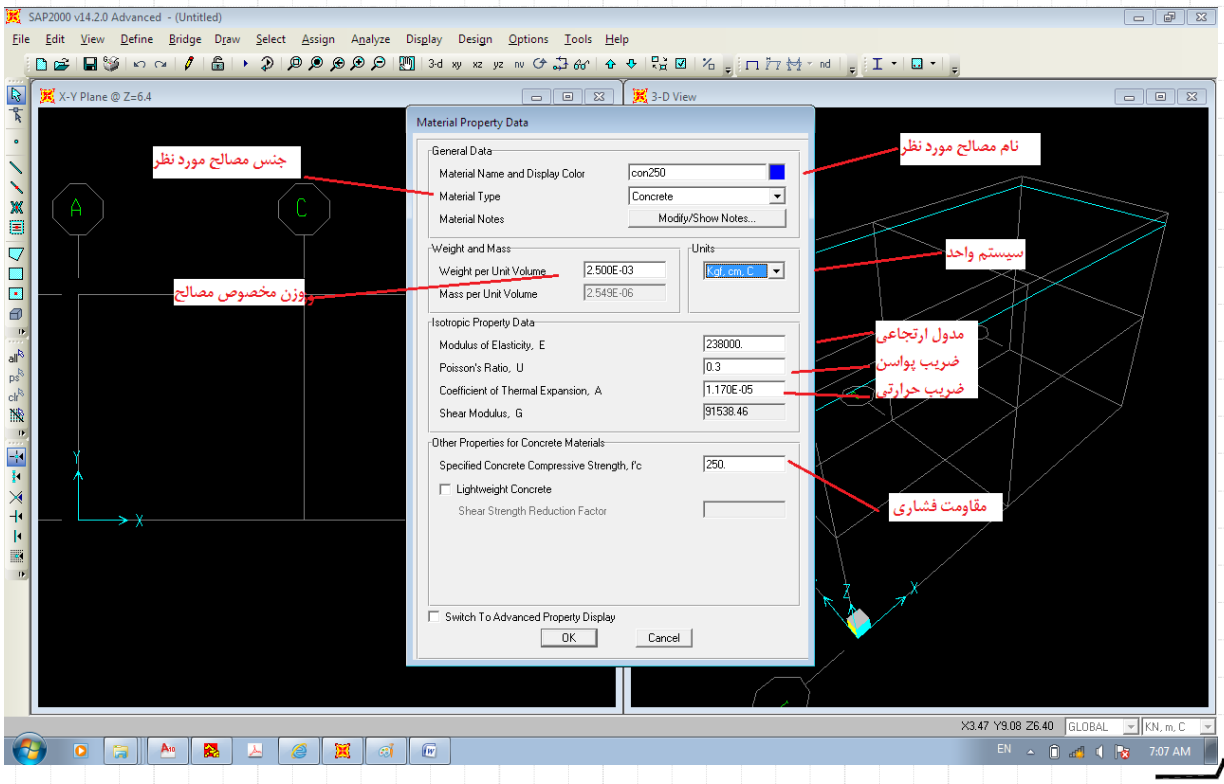


Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

بعد از کلیک کردن گزینه پنجره ای مطابق با شکل زیر باز خواهد شد.

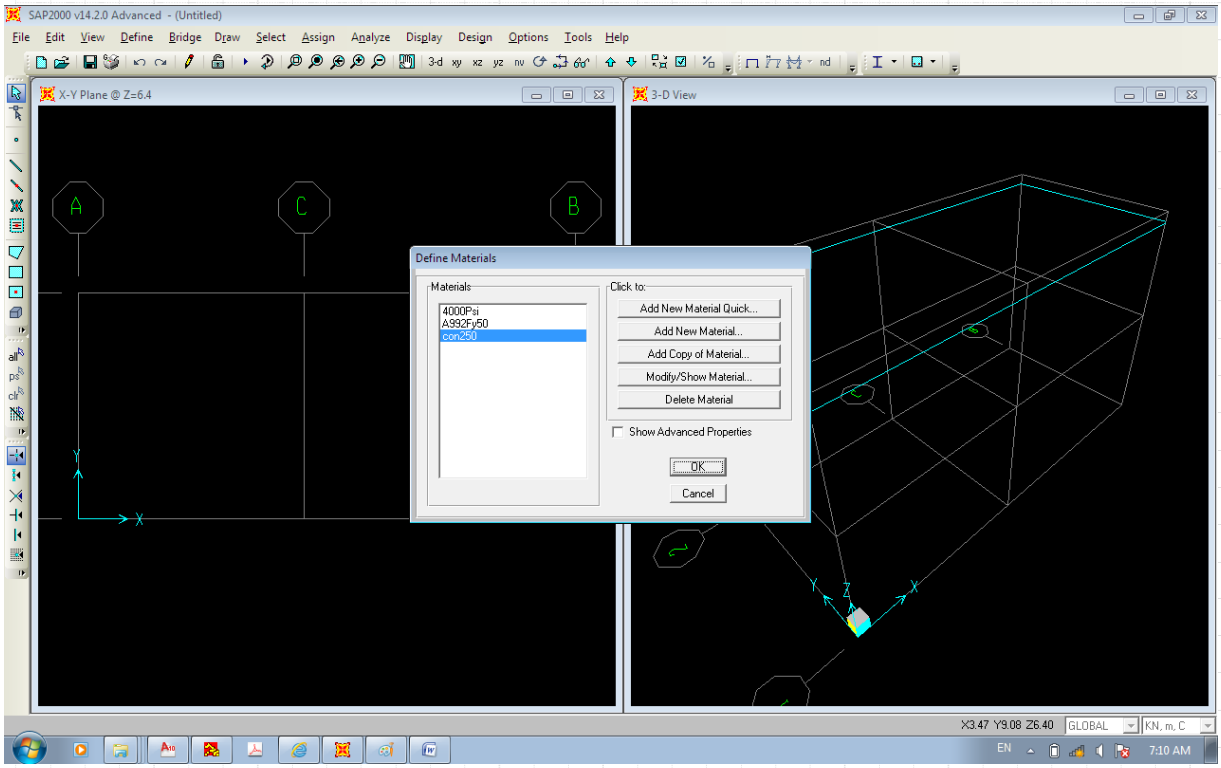


در این پنجره گزینه ی Add New Material را انتخاب کرده تا به صفحه ی مشخصات مکانیکی مصالح وارد شویم



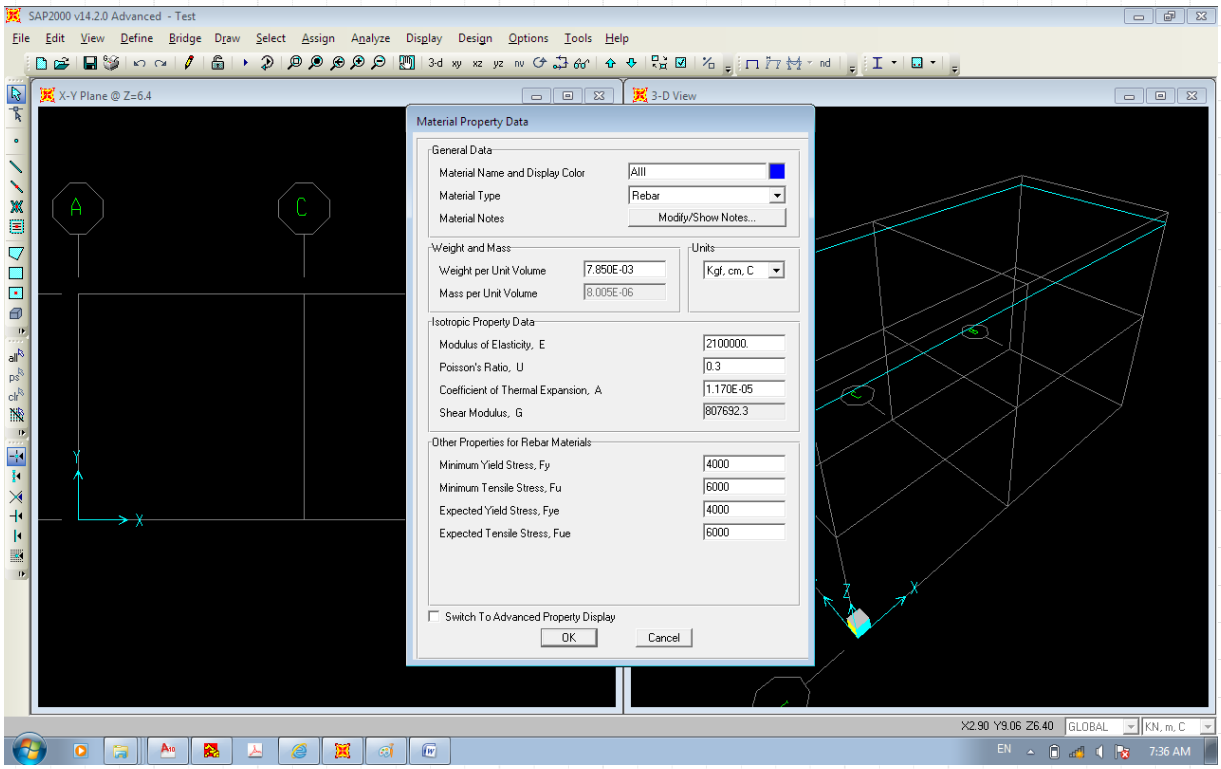
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

بعد از OK کردن به صفحه قبلی وارد شده که مشخصات مصالح مورد نظر ما در آن – همانگونه که در شکل زیر دیده می شود – اضافه شده است.

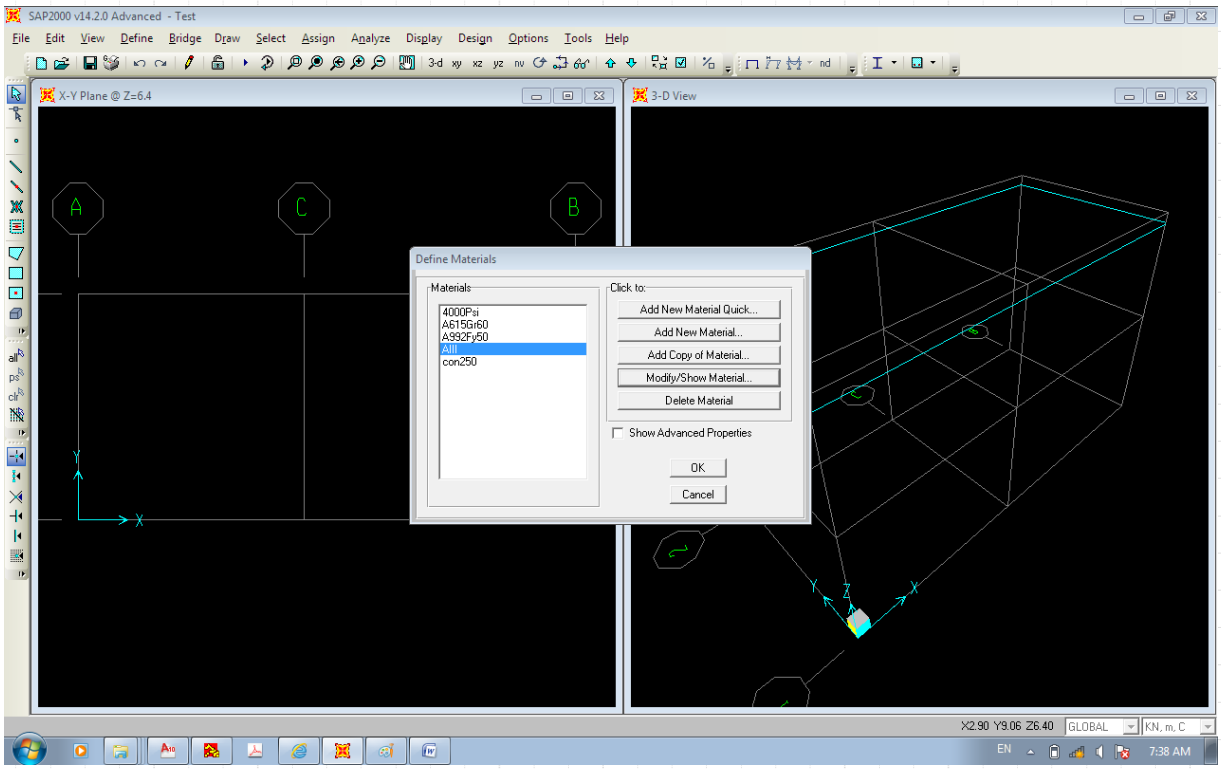


مشابه با روش فوق برای آرماتور ها نیز یک مصالح جدید مطابق باشکل زیر تعریف می نماییم

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



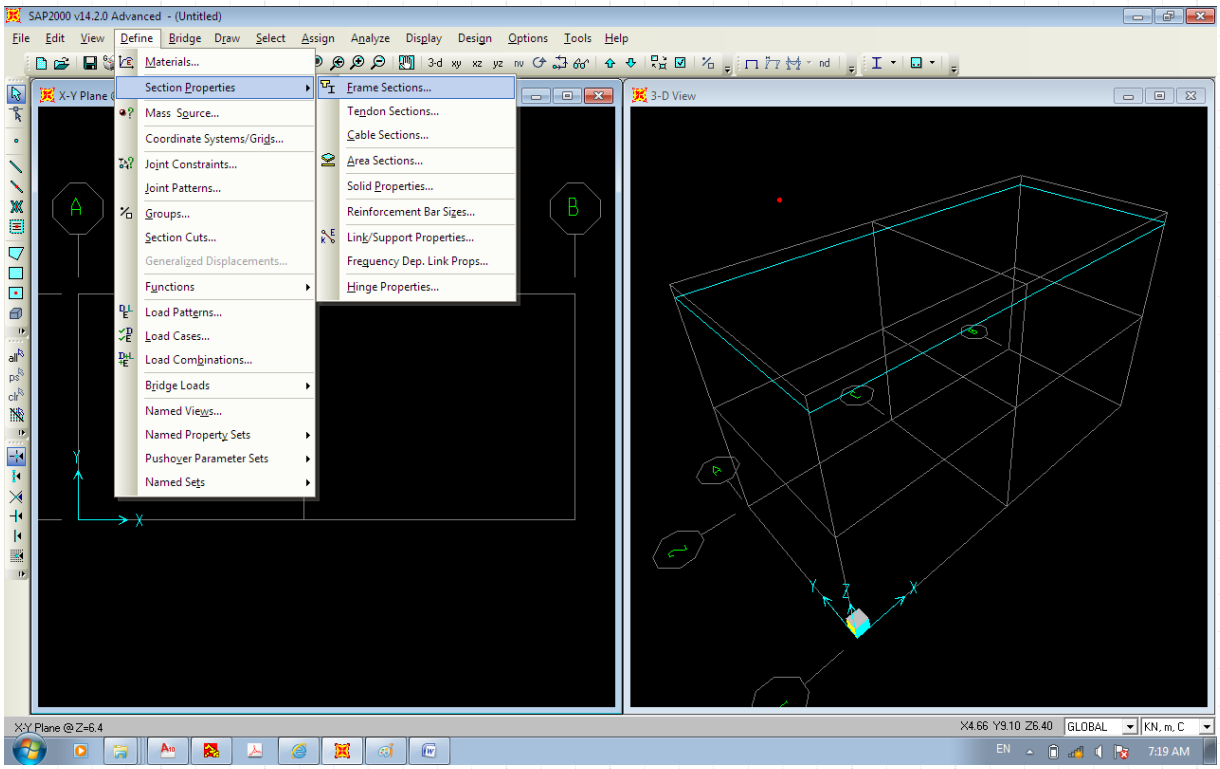
پس این مرحله نیز دوباره عبارت OK را انتخاب کرده تا به صفحه ی اولیه بازگردیم. همانگونه که مشاهده می نمایید در این پنجره دو مصالح C25 و AIII وارد شده است که در مرحله بعدی که تعریف مشخصات هندسی مقطع می باشد، استفاده خواهیم نمود.



Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

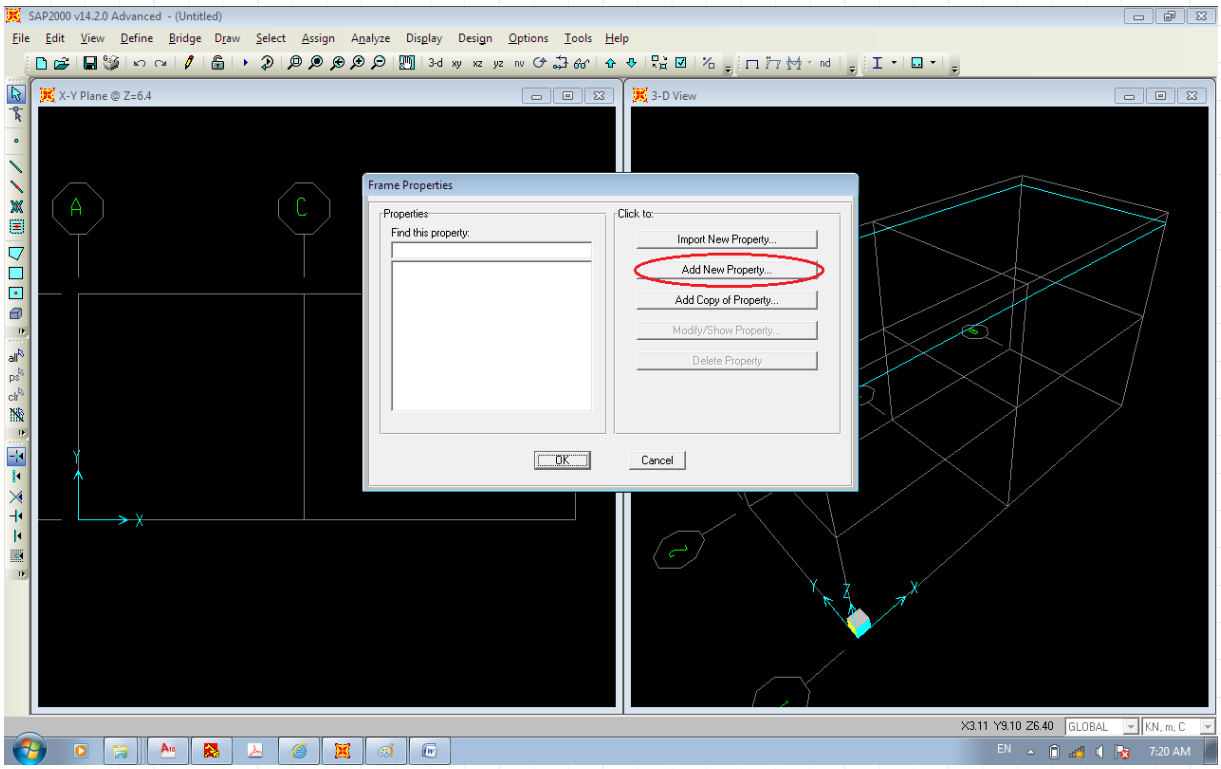
٤-٥ تعریف مشخصات هندسی مقاطع تیر و ستون

تعریف مشخصات هندسی مقاطع از منوی Define\Section Properties مطابق با شکل زیر می باشد

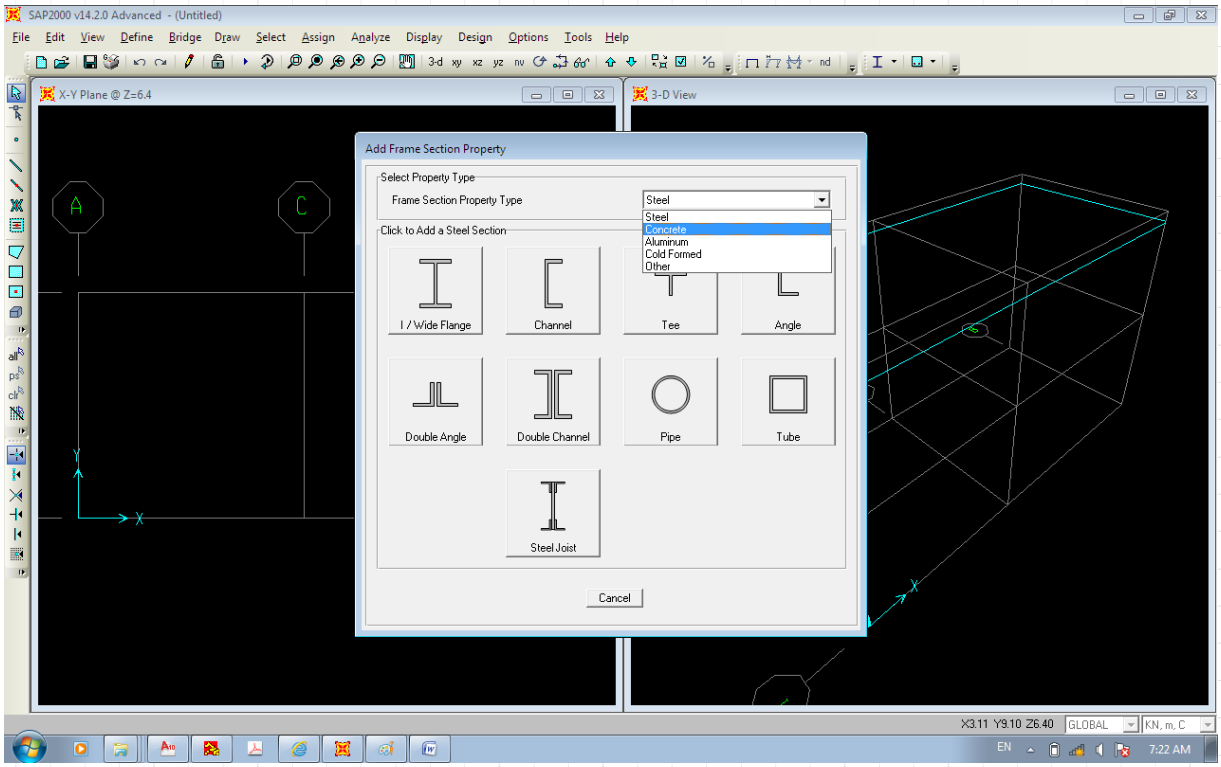


در پنجره ی جدید باز شده گزینه Add New Property را انتخاب نموده تا به صفحه ی تعریف مقاطع وارد شویم

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

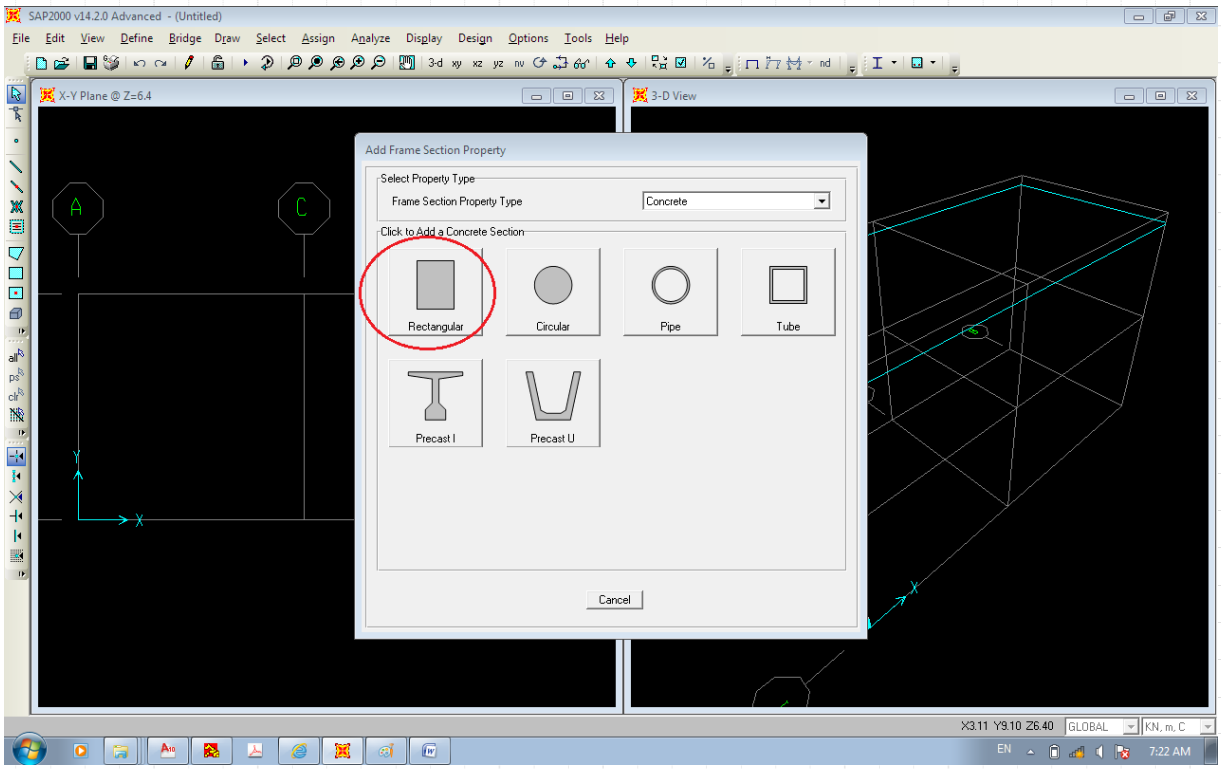


در پنجره ی باز شده گزینه ی Concrete را انتخاب می کنیم

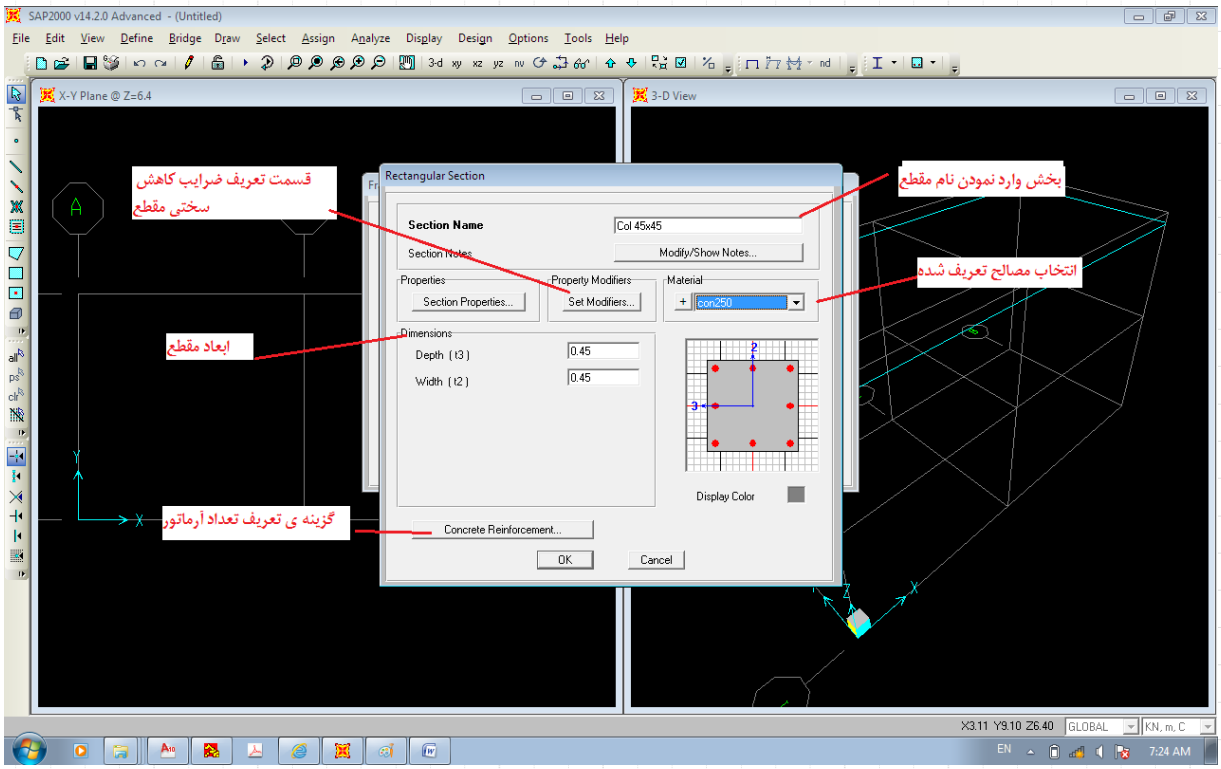


صفحه ای مطابق با شکل زیر باز خواهد شد که در آن rectangular را انتخاب می نماییم

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

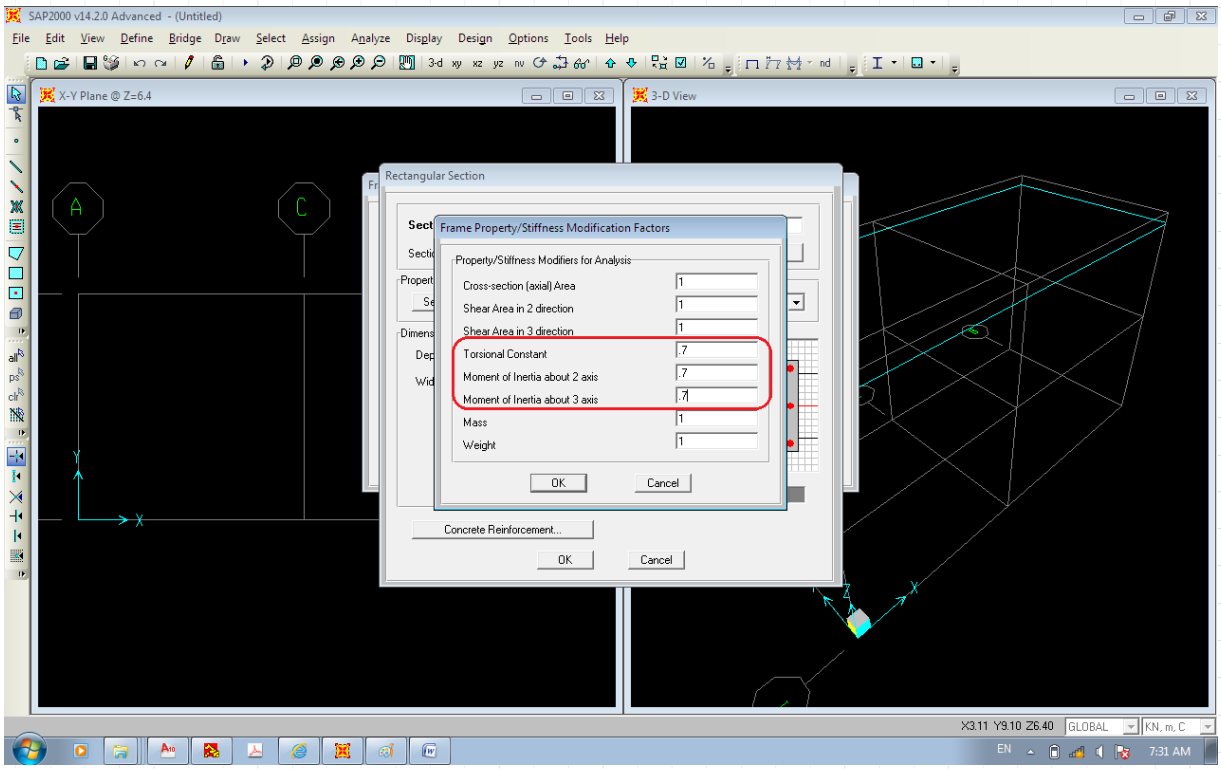


در صفحه ی جدی اطلاعات اصلی شامل نام مقطع، مصالح مقطع (که همان مصالحی که قبلا تعریف کرده ایم را انتخاب می نماییم) و ابعاد مقطع را وارد می نماییم.



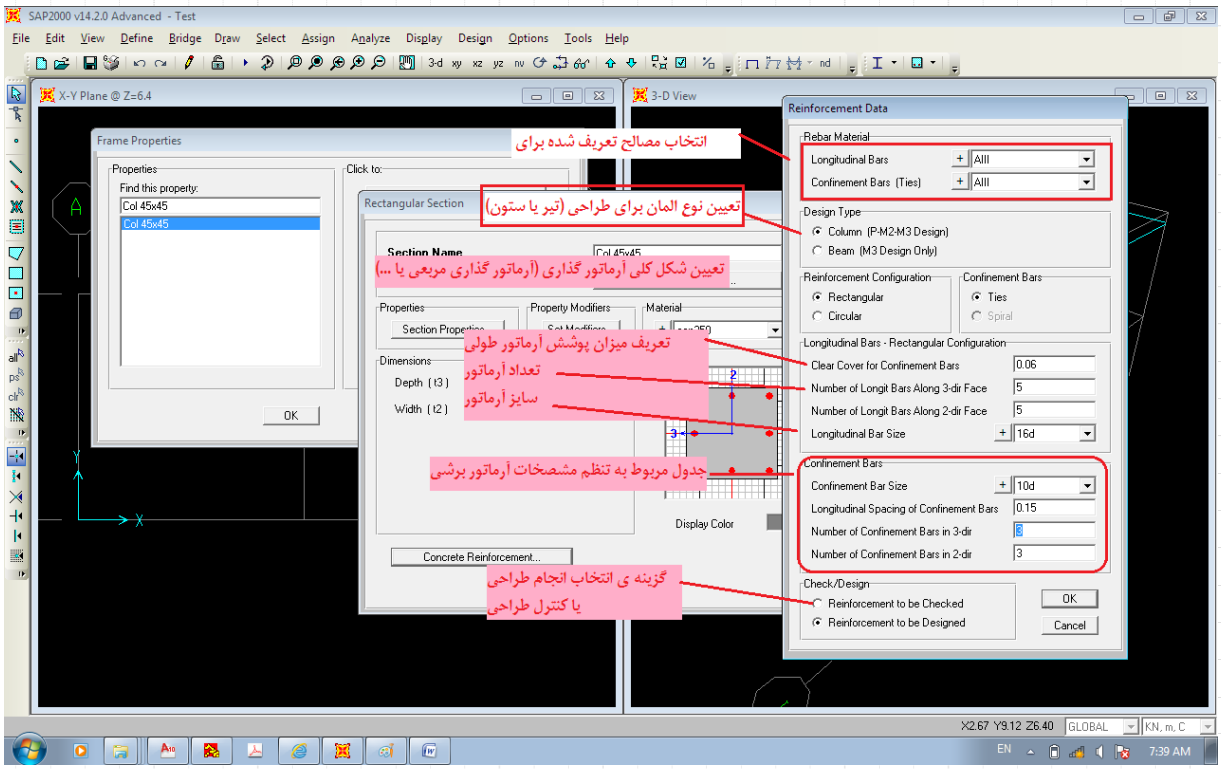
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

در پنجره فوق یک قسمت مربوط به تعریف ضرایب سختی مقطع می باشد. با توجه به ترک خوردگی بتن در حالت سرویس و کاهش ممان اینرسی مقطع بایستی طبق آیین نامه سختی های خمشی مقطع را کاهش داد. بر روی بخش Set Modifier کلیک کرده و سختی ستون را مطابق با شکل زیر اعمال می نماییم. توجه داشته باشیم بر اساس آیین نامه می توان ضرایب سختی ستون و تیر را به ترتیب برابر با ۰/۵ و ۱ و یا ۰/۷ برای ستون و ۰/۳۵ برای تیر انتخاب نمود. ما دراین مثال ضرایب ۰/۷ برای ستون و ۰/۳۵ را برای تیر انتخاب می نماییم.

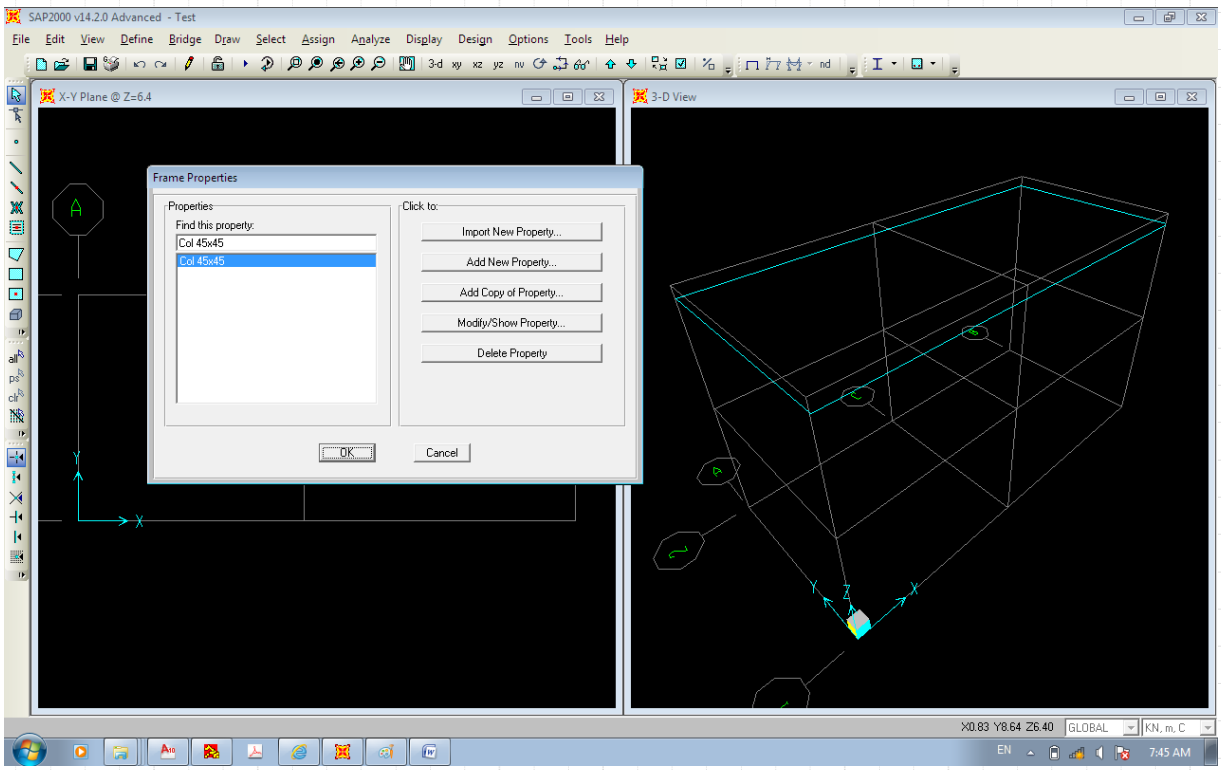


در مرحله ی بعدی بعد از OK کردن پنجره ی Set Modifier گزینه ی Concrete Reinforcement را انتخاب نموده و مشخصات را مانند شکل زیر تنظیم می نماییم.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

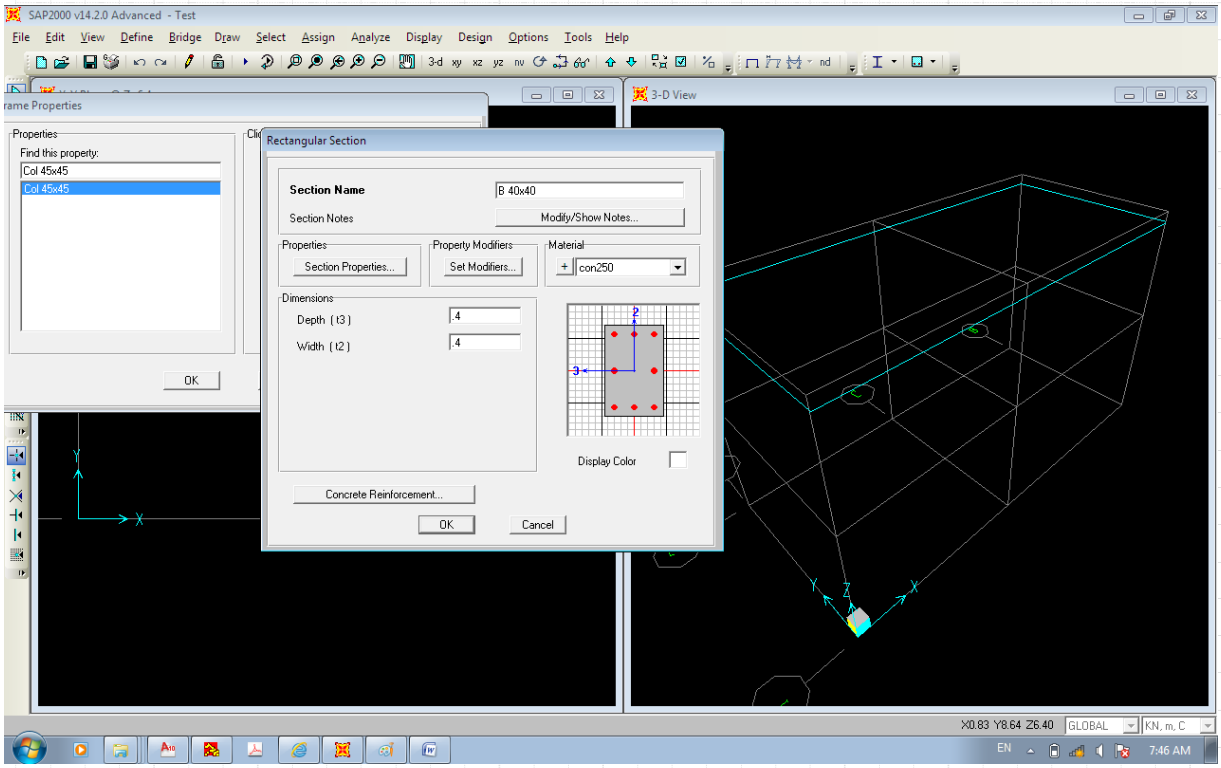


بعد از دو مرحله OK کردن وارد پنجره ای اولیه تعریف مشخصات مقطع می شویم.



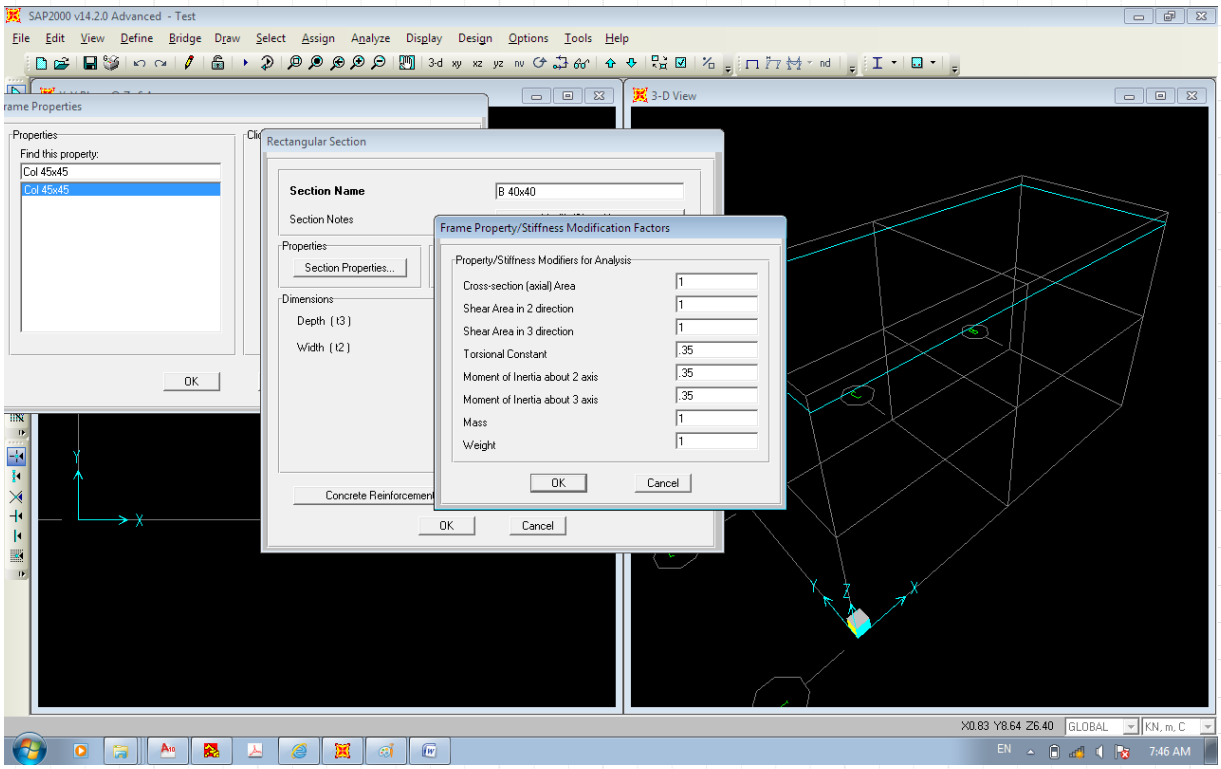
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

در این مرحله مجدد برای تعریف مقطع تیر گزینه ی Add New Property را انتخاب کرده و مطابق با اشکال زیر مشخصات تیر را تعریف می نماییم.

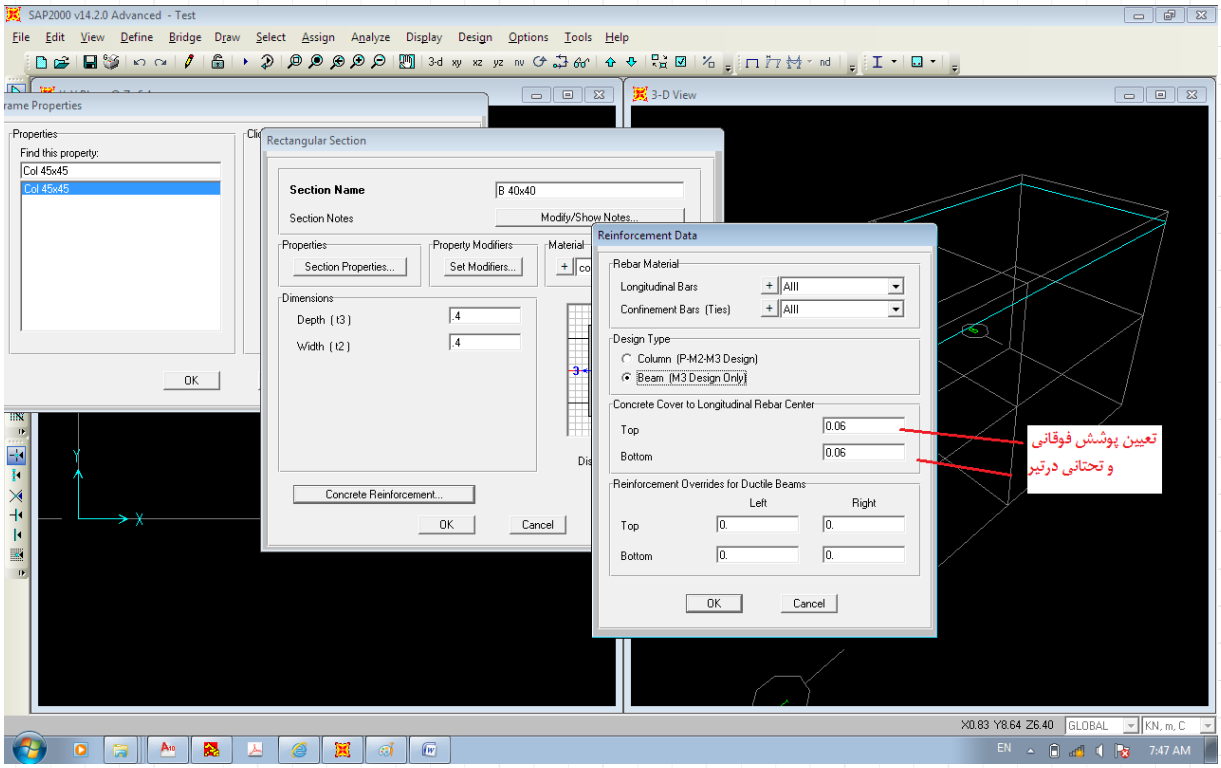


پنجره ی تنظیم ضرایب سختی

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

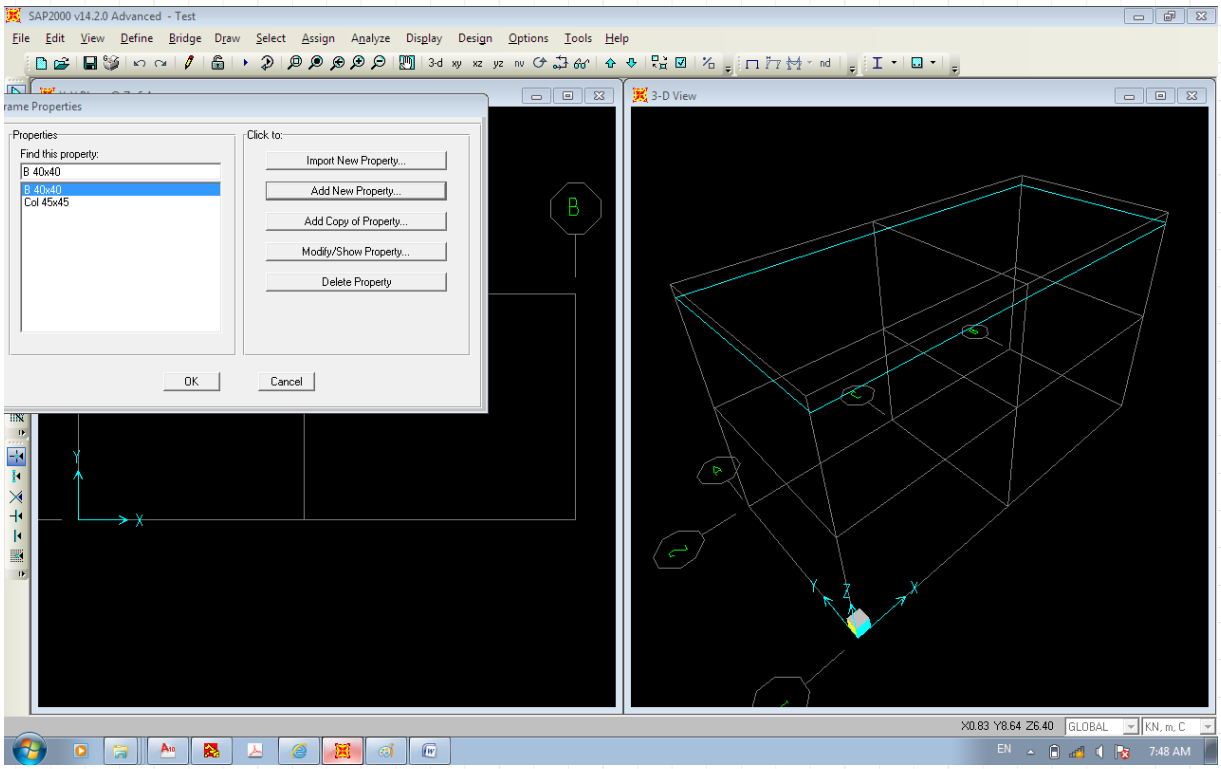


پنجره ی تنظیم پارامترهای طراحی



مقاطع تعریف شده در قسمت Add New Property

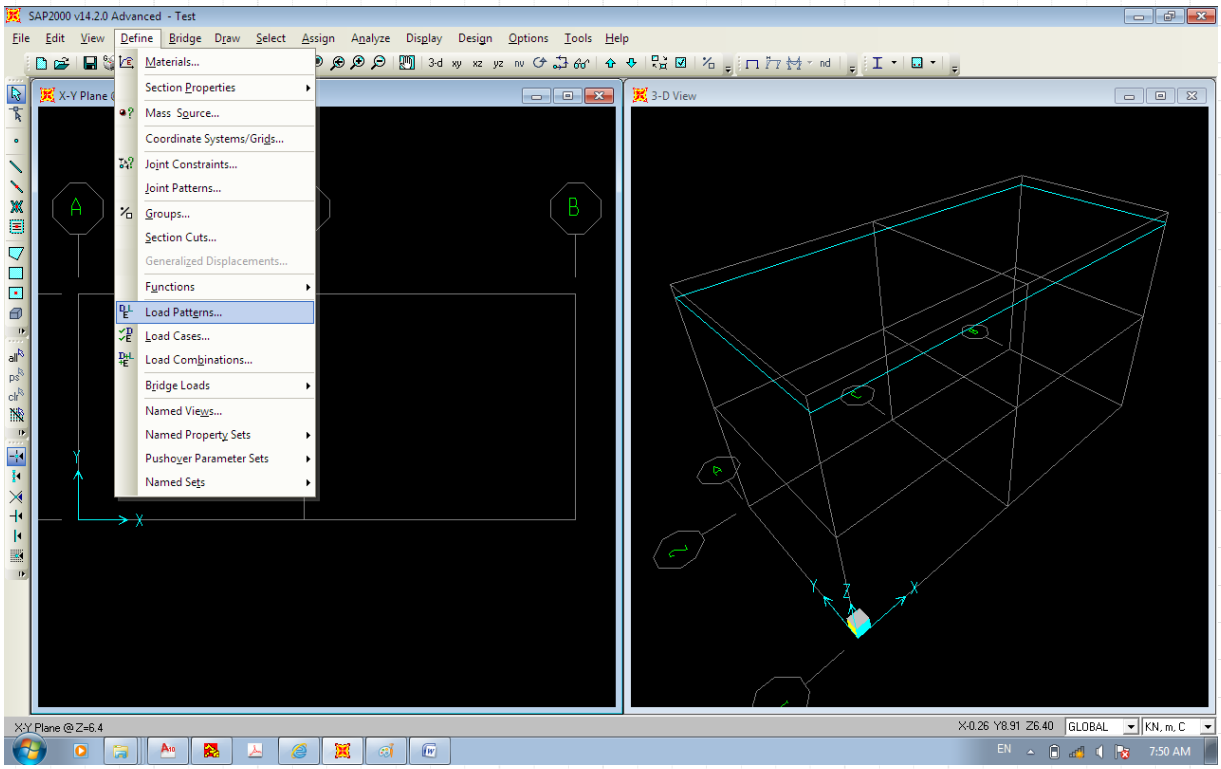
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



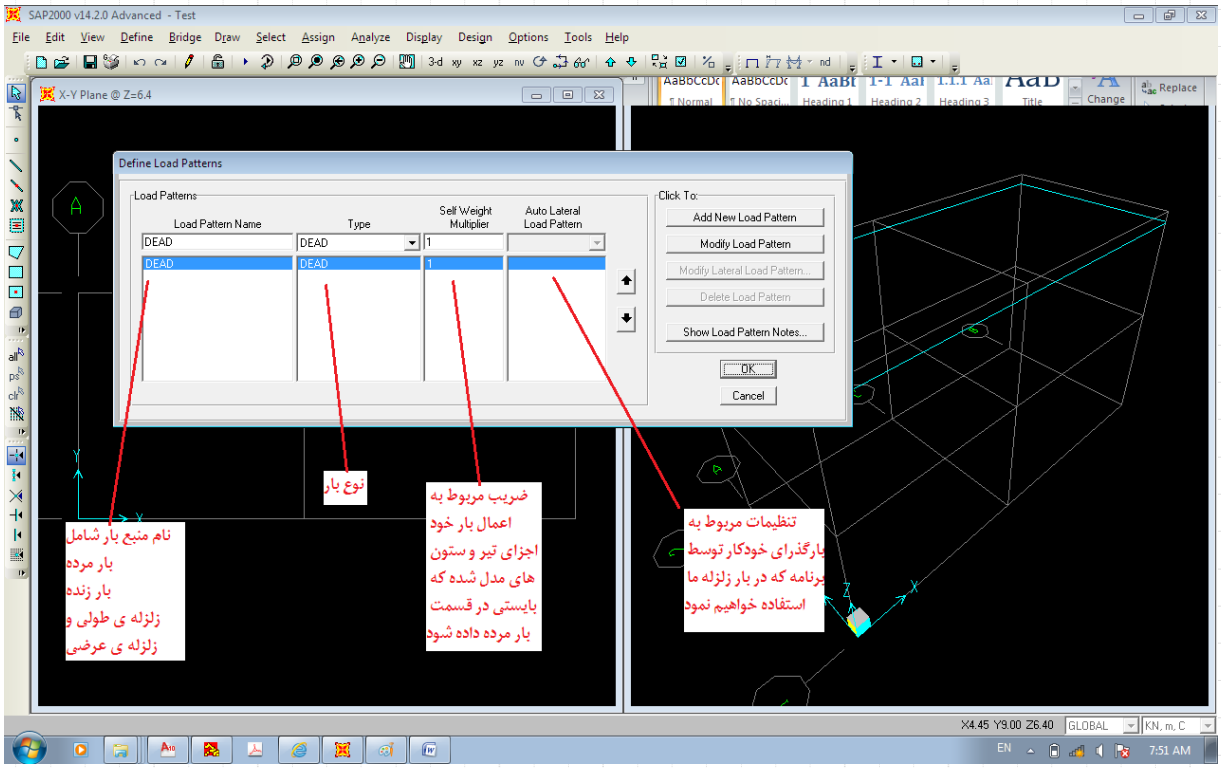
اکنون با OK کردن پنجره ی فوق به صفحه ی اصلی باز خواهیم گشت.

۵-۵ تعریف منابع اولیه بار (Static Load Cases) شامل بار مرده، زنده، بار زلزله جهت عرضی و طولی

برای تنظیم منابع اولیه بار از منوی Define\Load Patterns استفاده می نماییم.

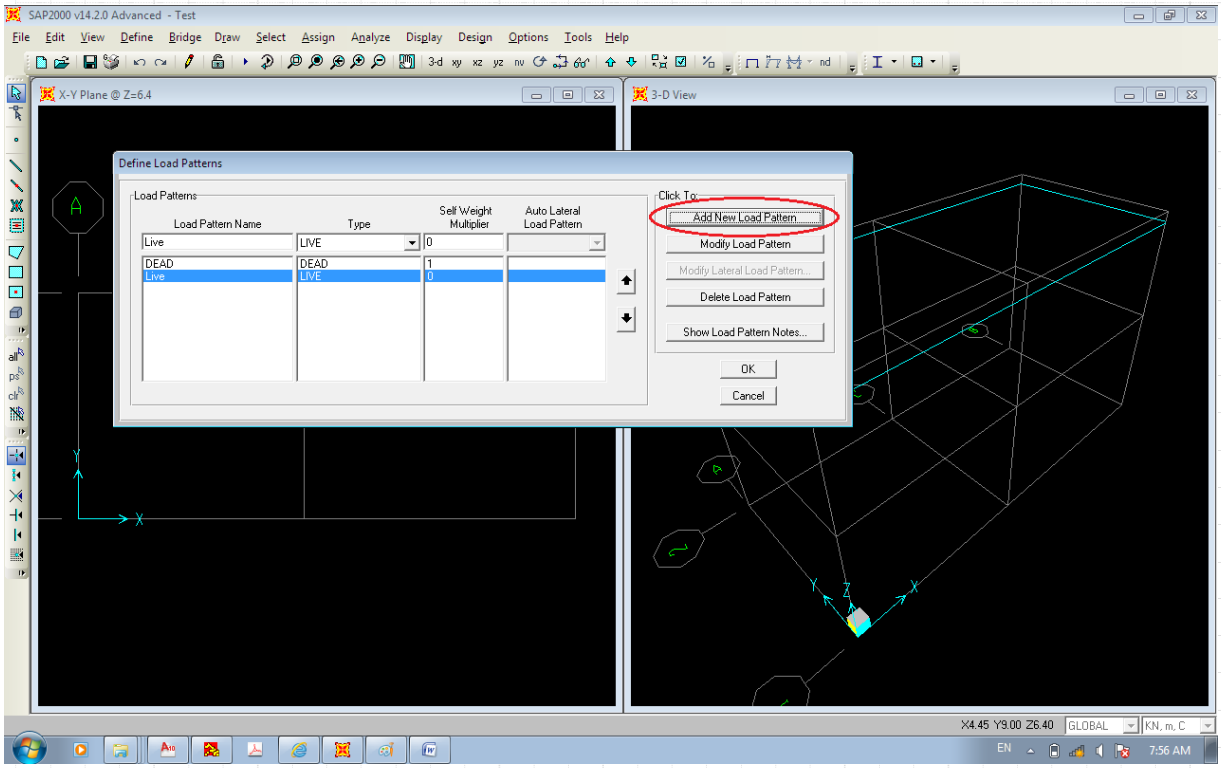


با انتخاب گزینه ی فوق به پنجره ی زیر وارد می شویم



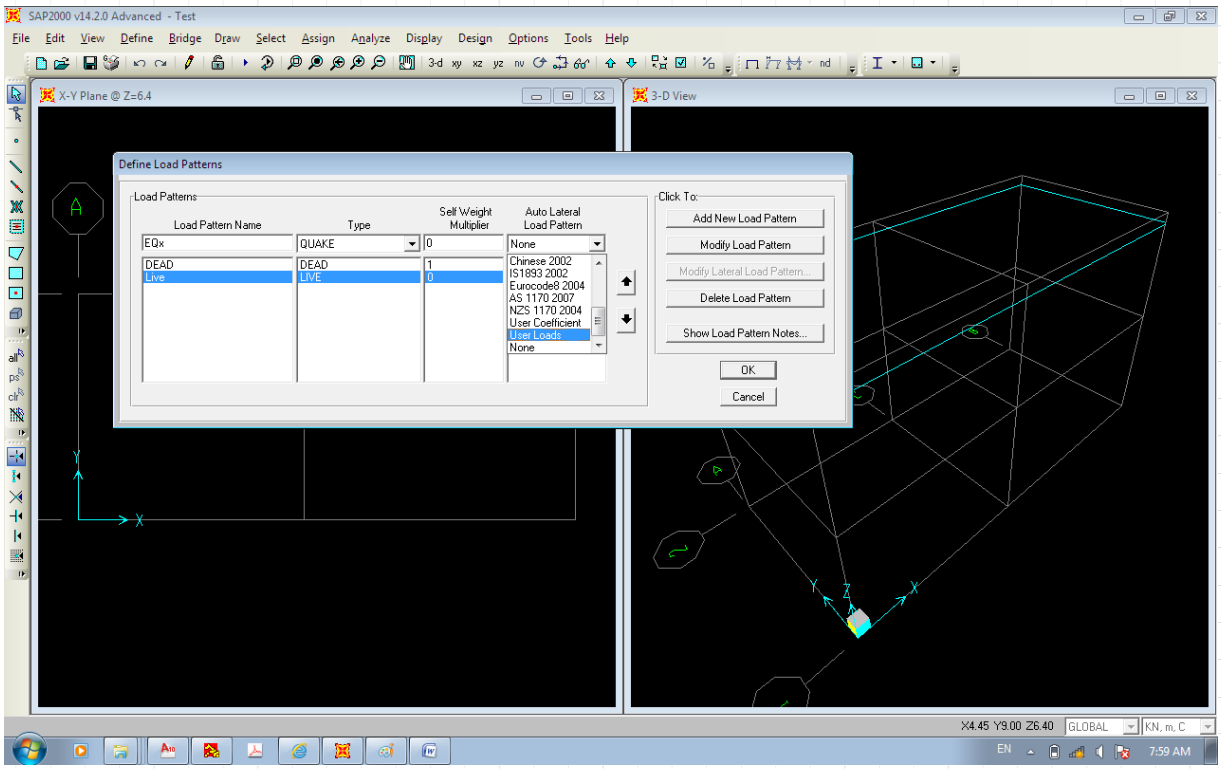
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

نام منبع بار زنده را مطابق باشکل زیر وارد می نماییم. در هر مرحله پس از تنظیم نام بار(Load pattern Name) ، نوع بار (Type)، و ضریب مربوط به اعمال وزن (Self Weight Multiplier) ،بایستی گزینه Add New Load Pattern را انتخاب نمود تا منبع بار به لیست اضافه شود



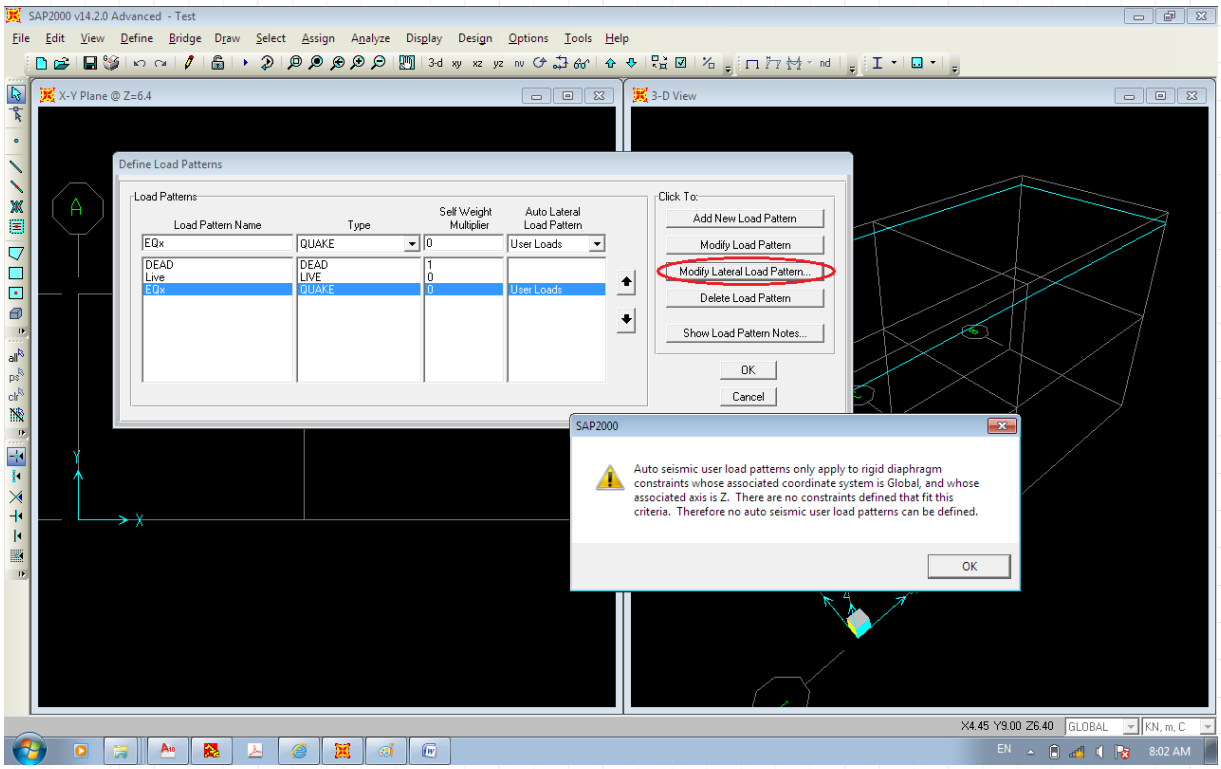
اکنون برای معرفی بار زلزله همانند بار زنده عمل نموده و در این مرحله پس از انتخاب نوع QUAKE در قسمت تنظیمات بار خودکار گزینه ی User Load را انتخاب نموده و گزینه ی Add New Load Pattern را انتخاب می نماییم تا بار EQx به لیست اضافه شود.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



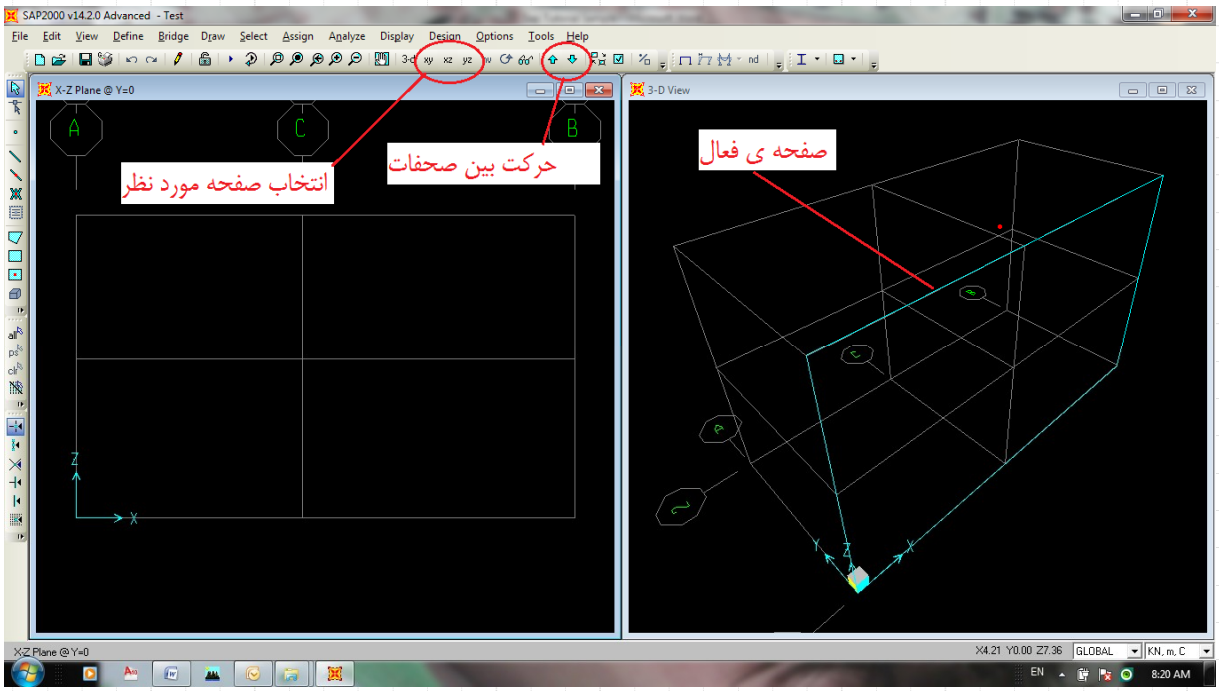
جهت اعمال بار زلزله گزینه بایستی گزینه ی Modify Load Pattern را انتخاب نمود. البته در این مرحله با یک پیغام مواجه می شوید. در این مرحله گزینه ی OK را در دو مرحله انتخاب نموده تا به صفحه ی اصلی بازگردیم. بعدا از تعریف Diaphragm در سقف مجدد به این گزینه بازگشته و آن را تنظیم می نماییم.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

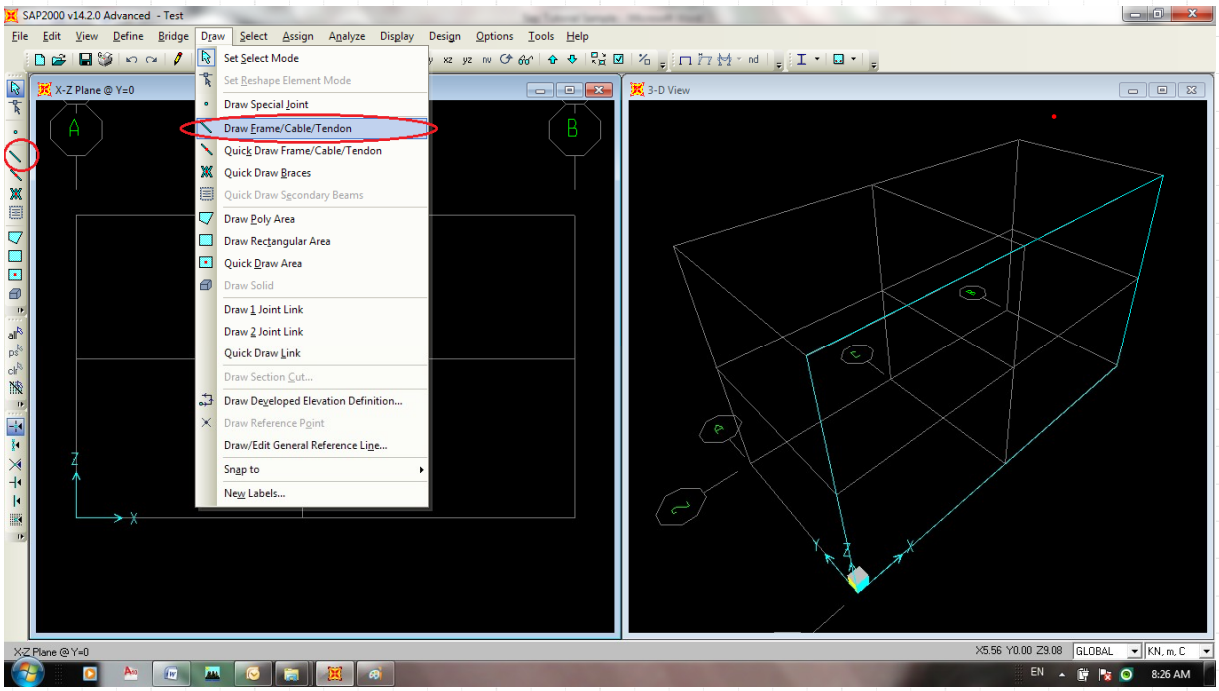


۵-۶ ترسیم المان ها

برای ترسیم المان های تیر یا ستون ابتدا بایستی در پنجره نمایش دو بعدی، صفحه ی مورد نظر را انتخاب نمود. انتخاب صفحه ی مورد نظر با استفاده از گزینه های نشان داده شده در شکل زیر انجام می شود. در این مثال ابتدا پنجره ی سمت چپ را با یک کلیک راست انتخاب نموده و سپس گزینه XZ را کلیک کرده و با حرکت بوسیله ی فلش های مشخص شده صفحه ی مورد نظر را فعال می نماییم. توجه داشته باشید در پنجره ی سمت چپ صفحه فعال با رنگ آبی مشخص می شود.

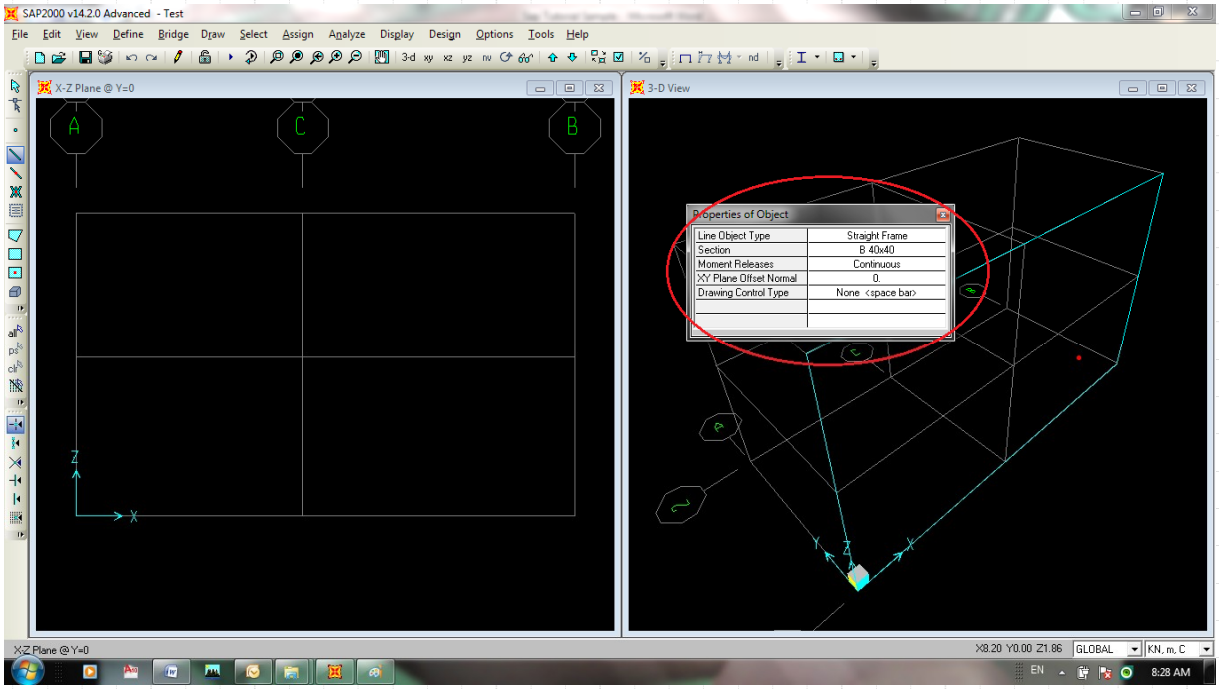


برای ترسیم المان می توان با کلیک ابزار های سمت چپ صفحه نمایش و یا از منوی Draw\Draw Frame/Cable/tendon گزینه ترسیم المان را فعال نمود



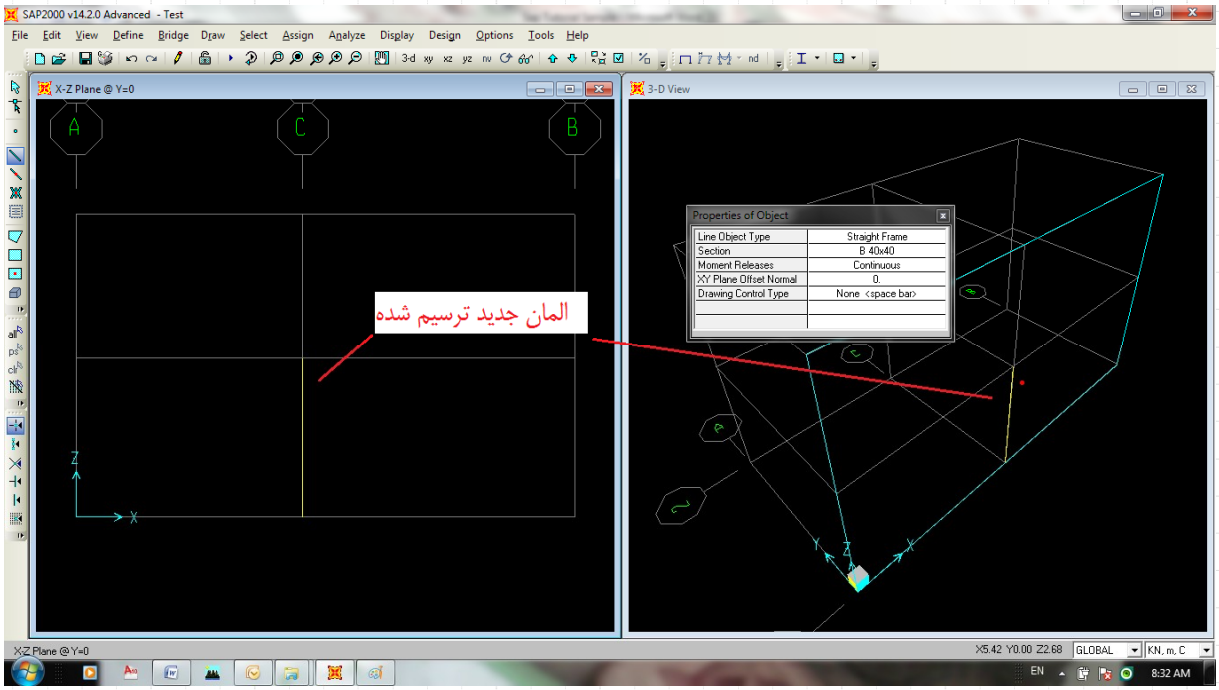
بعد از انتخاب گزینه ترسیم المان پنجره ای مطابق باشکل زیر ظاهر می شود.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



اکنون فلش موس تغییر حالت داده و آماده ترسیم المان می باشد. توجه داشته باشید پنجری ای که در شکل بالا نشان داده شده است در این حالت بر روی صفحه ظاهر می شود که بدون اعتنا به آن عملیات ترسیم المان مطابق با روند زیر شروع می گردد.

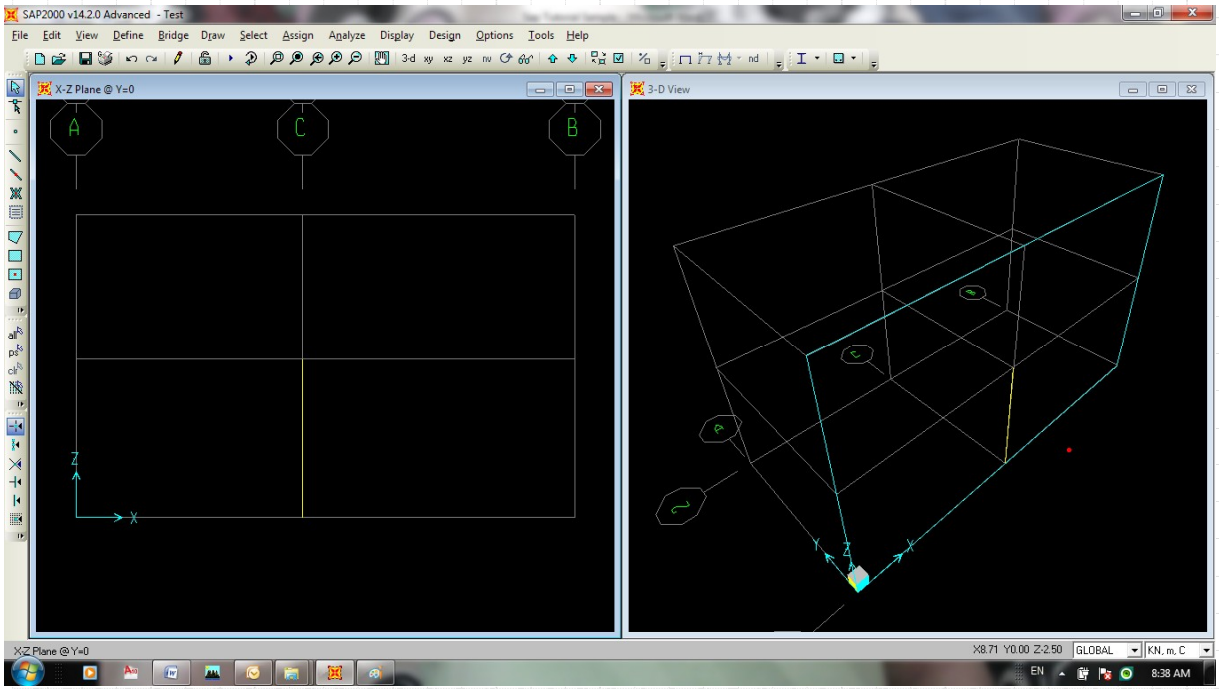
برای ترسیم یک المان مانند ستون محور A-1 فلش موس را به نقطه ی ابتدا یعنی پایین ستون برده و کلیک راست موس را زده و سپس به نقطه بعدی که بالای ستون می باشد رفته و کلیک موس را مجدد می فشاریم. در این زمان یک المان ترسیم می گردد.



Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

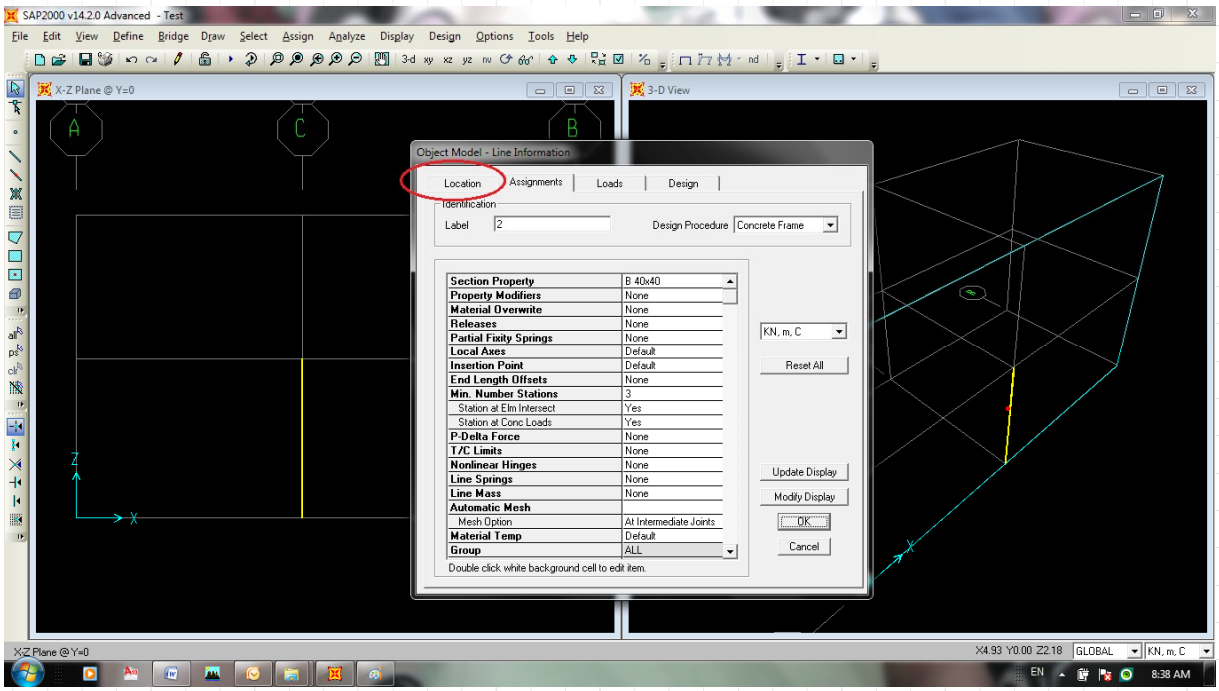
همانگونه که در شکل فوق دیده می شود یک المان ترسیم گردیده است. این المان در هر دو پنجره ی نمای دو بعدی و سه بعدی قابل مشاهده است. با ادامه همین روند می توان بقیه ی المان ها را ترسیم نمود.

قبل از اینکه مرحله ی بعد را شروع نماییم لازم است در خصوص شماره گذاری المان ها توضیحاتی ارائه شود. اگر کلید Escape را از صفحه کلید انتخاب نموده و یا اینکه علامت عادی فلش موس را انتخاب کنیم به حالت عادی صفحه ی مدل وارد می شویم.

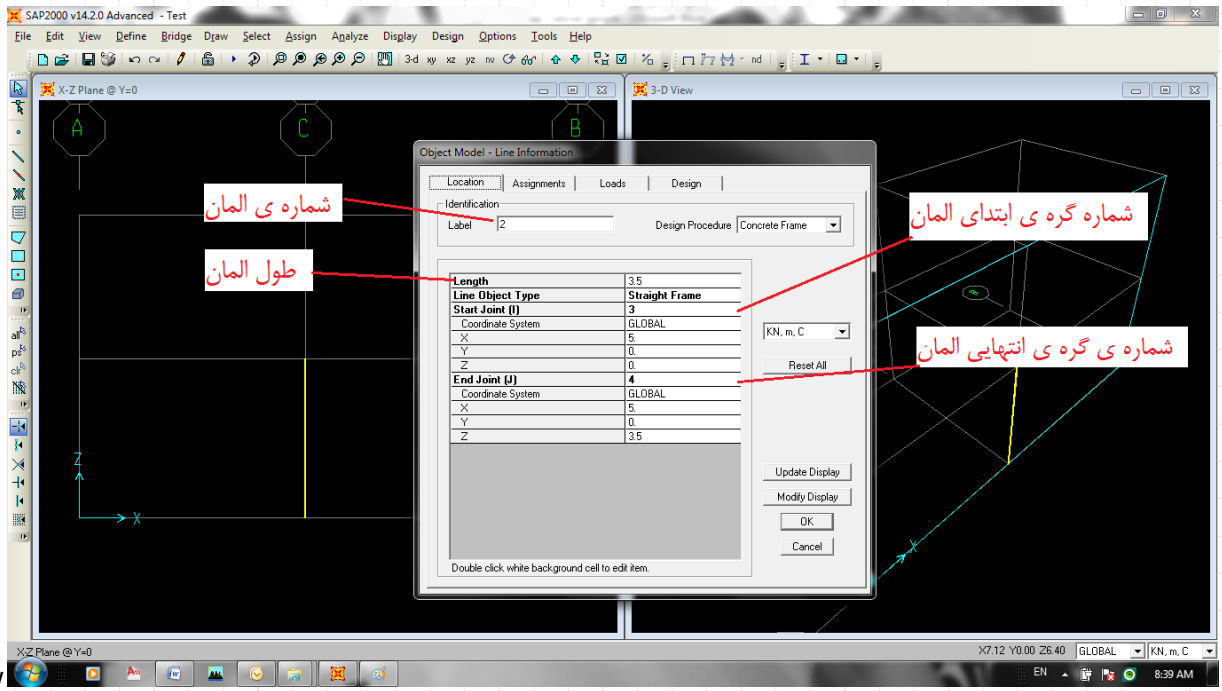


اکنون اگر بر روی المان کلیک چپ نماییم، پنجره ی مشخصات المان تعریف شده (Object Model- Line information) باز می گردد.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



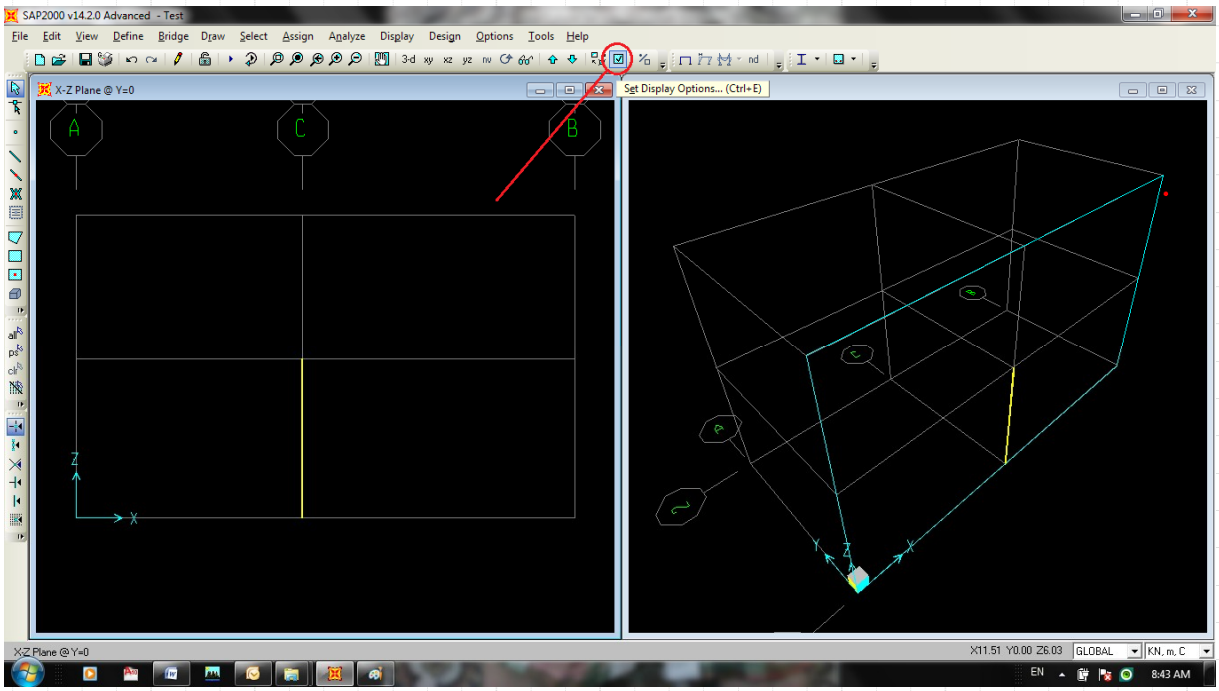
در قسمت Location اطلاعات مربوط به نامگذاری المان ترسیم شده بصورت زیر قابل مشاهده است.



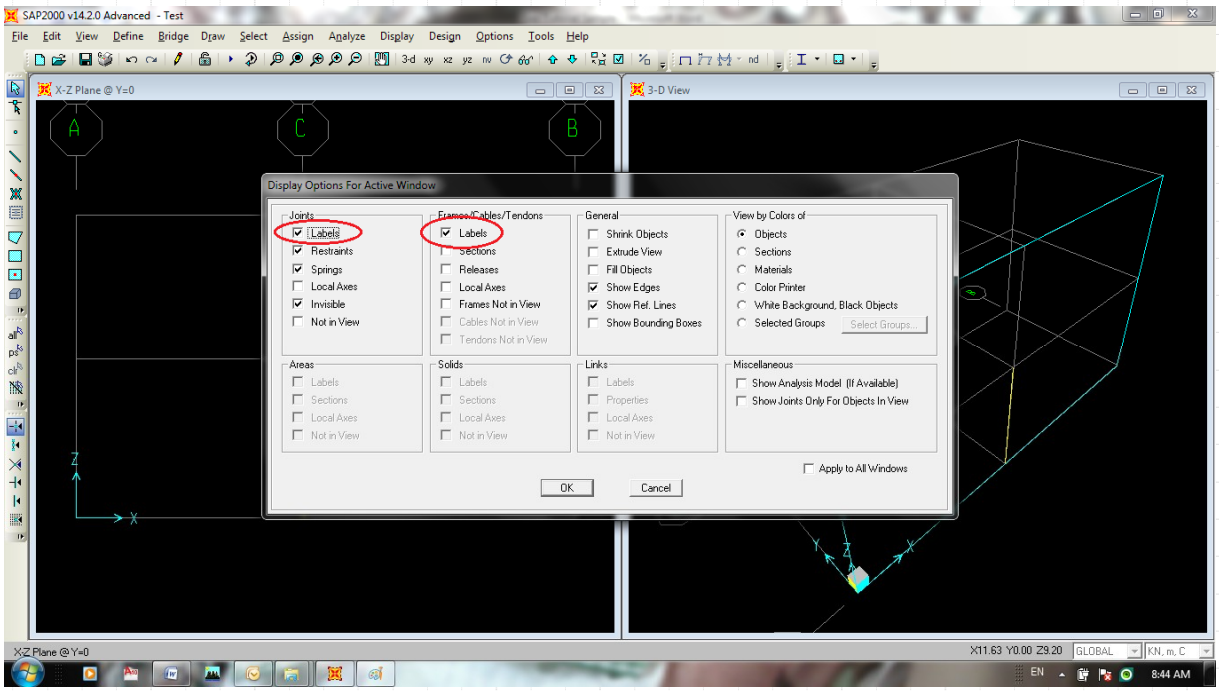
w

این اطلاعات را می توان با کلیک کردن گزینه Set building View Option این اطلاعات را انتخاب نموده تا در صفحه ی نمایش نشان داده شود.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

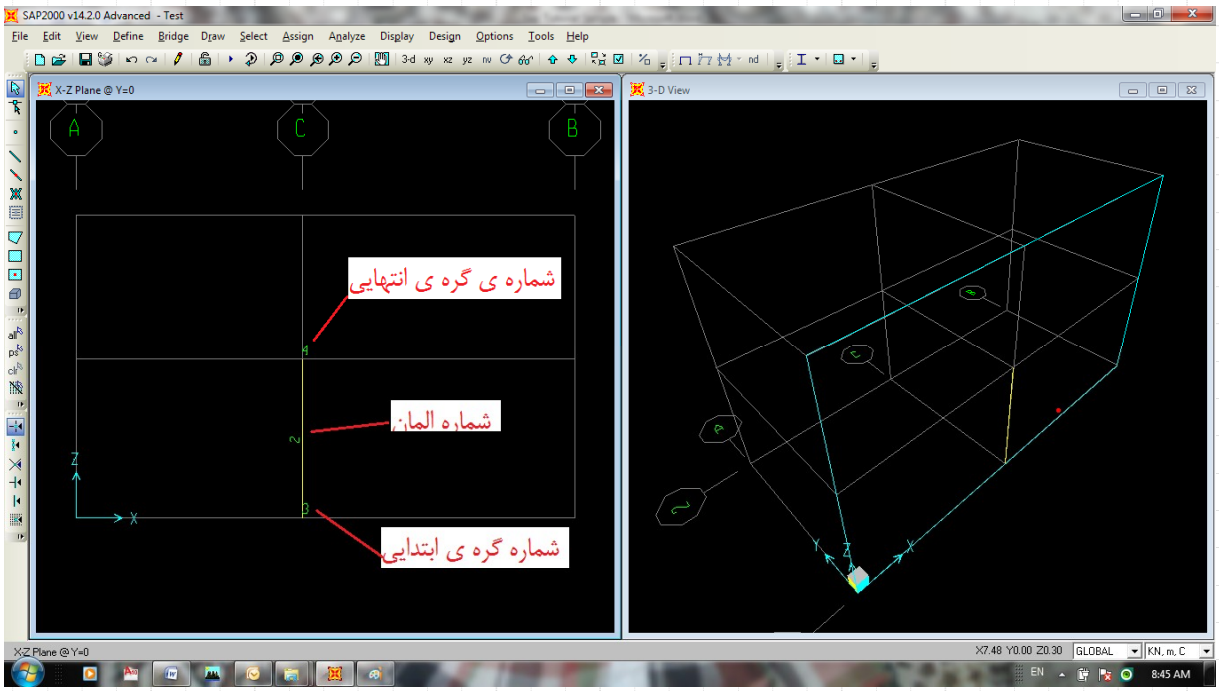


بعد از کلیک کردن گزینه ی Set building View Option در پنجره ی ظاهر شده گزینه شماره گذاری المان و گره ها را بصورت زیر انتخاب می نماییم



بعد از OK کردن پنجره اطلاعات مربوط به نامگذاری المان و گره های ابتدا و انتهای آن مطابق با شکل زیر در صفحه ی نمایش دیده خواهد شد.

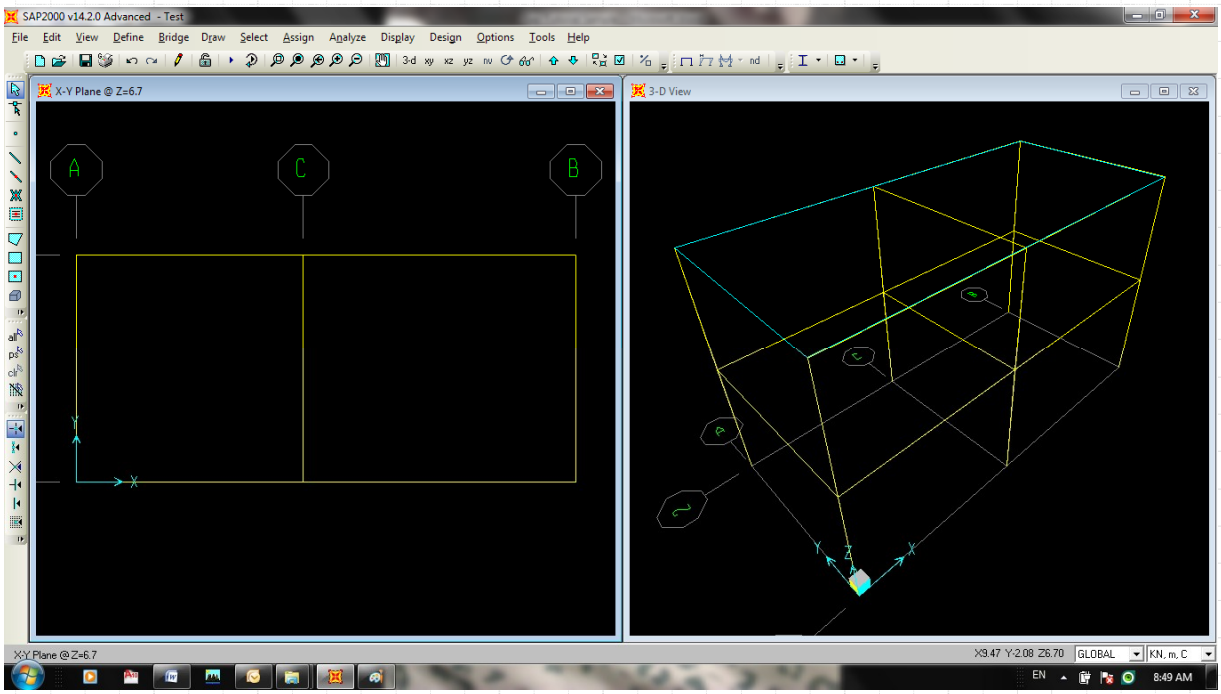
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



شما می توانید مراجعه مجدد به گزینه Set Building View Option ، گزینه های انتخاب شده را غیر فعال نموده و به حالت اولیه بازگردیم.

در این مرحله سایر اعضا را با روش گفته شده در این بخش ترسیم نموده و به مرحله ی بعد می رویم.

نمای مدل هندسی تعریف شده با تعریف تمامی المان ها در شکل زیر نمایش داده شده است.

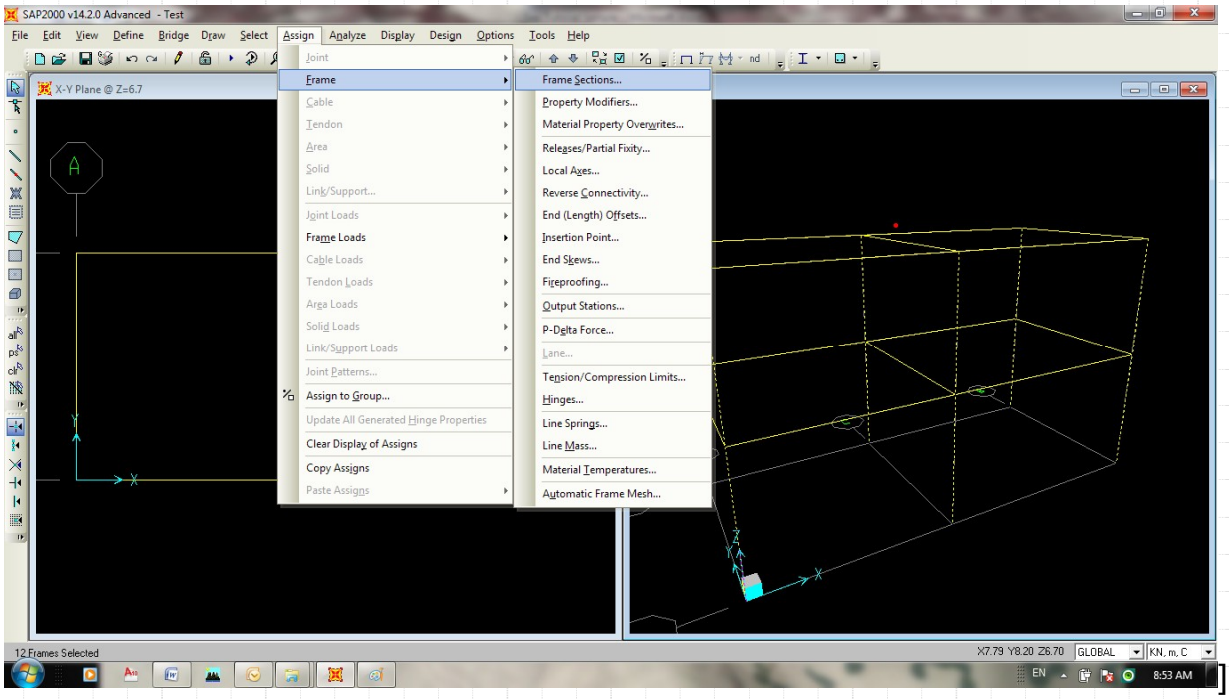


Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

۵ -۷ اختصاص (Assign) مشخصات هندسی مقاطع به المان های ترسیم شده

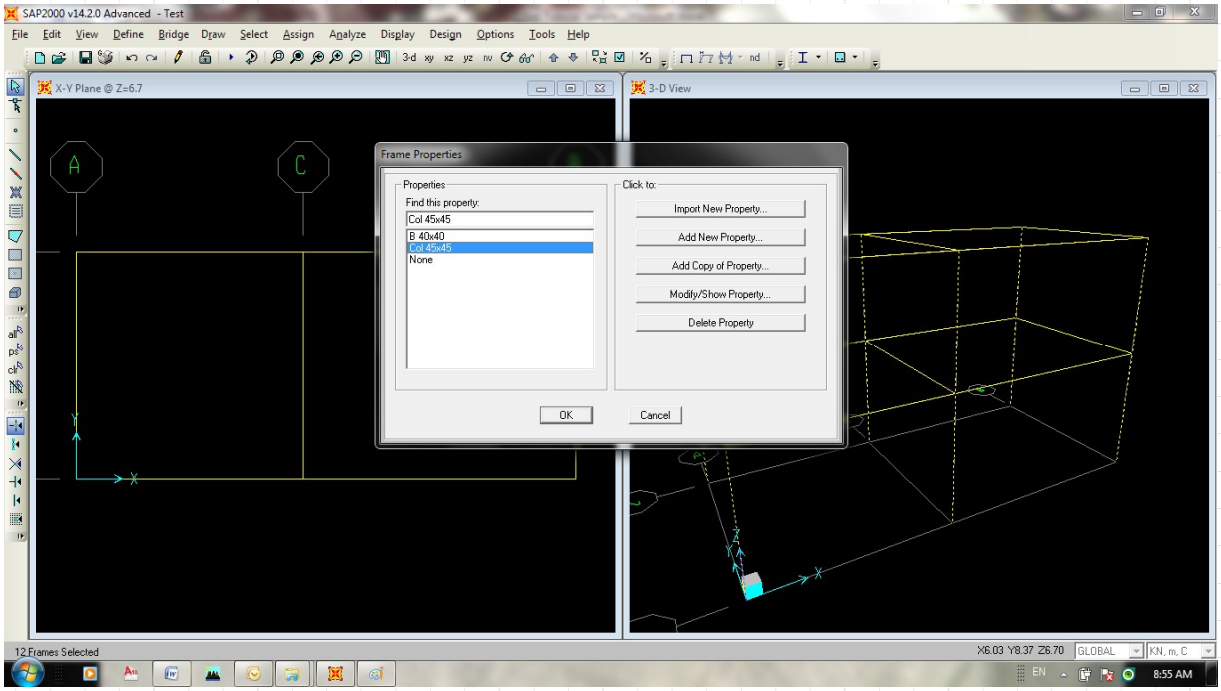
اکنون با ترسیم المان ها ، در این مرحله مشخصات هندسی مقاطع را که نحوه ی معرفی آن را در بخش ۵ ۶ توضیح دادیم را، به المان های ترسیم شده اختصاص می دهیم.

ابتدا المان های مورد نظر را همان ستونها می باشند با استفاده از کلیک مستقیم موس بر روی ستون ها و درگ گردن موس بر روی المان هاست، انتخاب نموده و سپس از منوی Assign\frame\Frame Section به پنجره اختصاص مقطع به المان وارد می شویم.

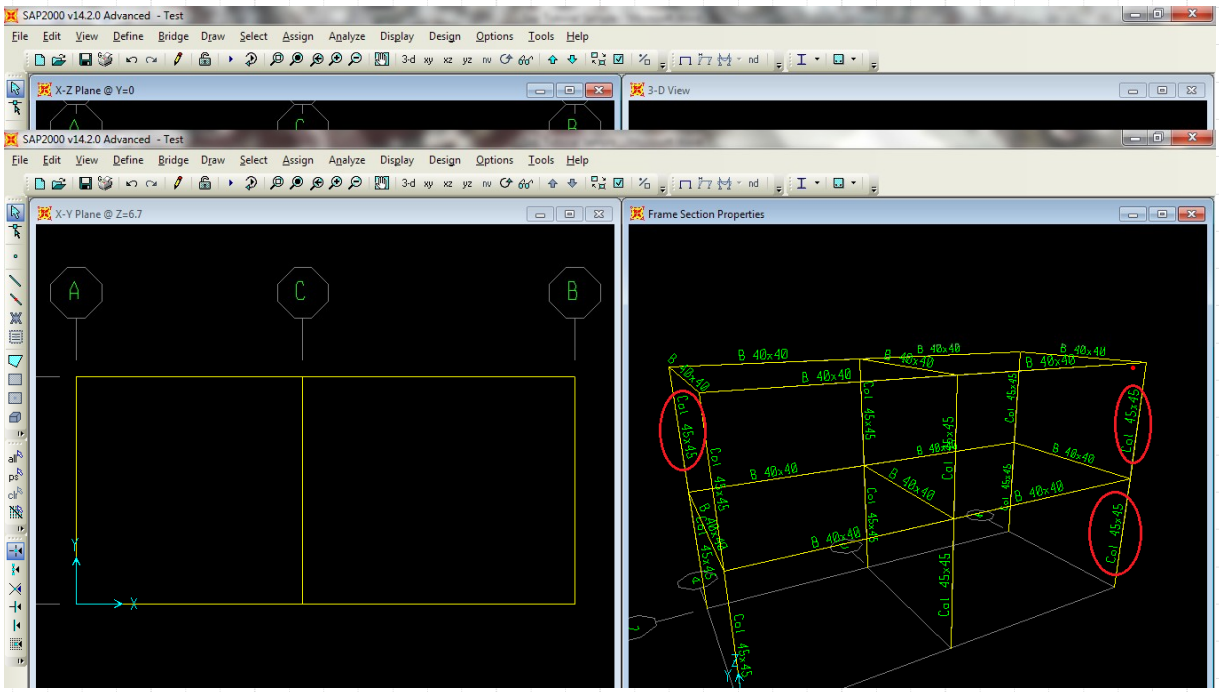


نام مقطع مورد نظر که همان Col 45x45 را انتخاب نموده و بر روی گزینه ی OK کلیک کرده تا به صفحه ی نمایش اصلی بازگردیم.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



اکنون در صفحه نمایش نام مقاطع اختصاص داده شده بر روی اعضا نمایش داده شده است.

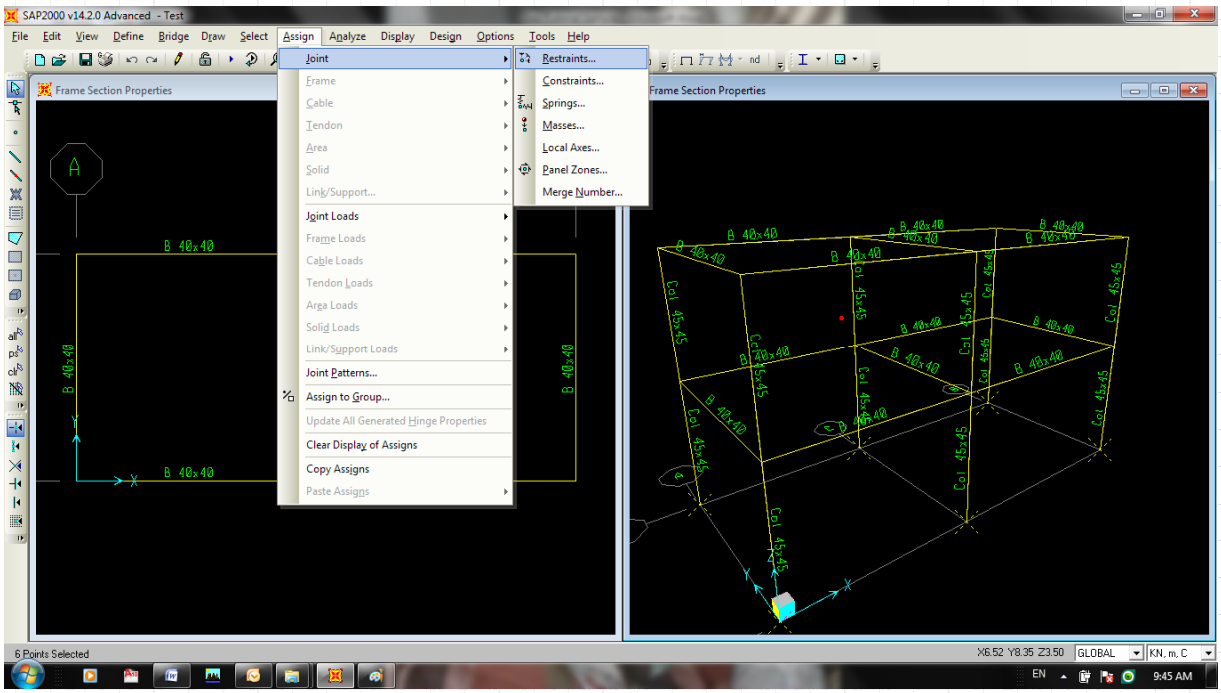


به همین ترتیب ابتدا کلیه المان های تیر را انتخاب نموده و از گزینه فوق مقطع B 40x40 را به آنها اختصاص می دهیم.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

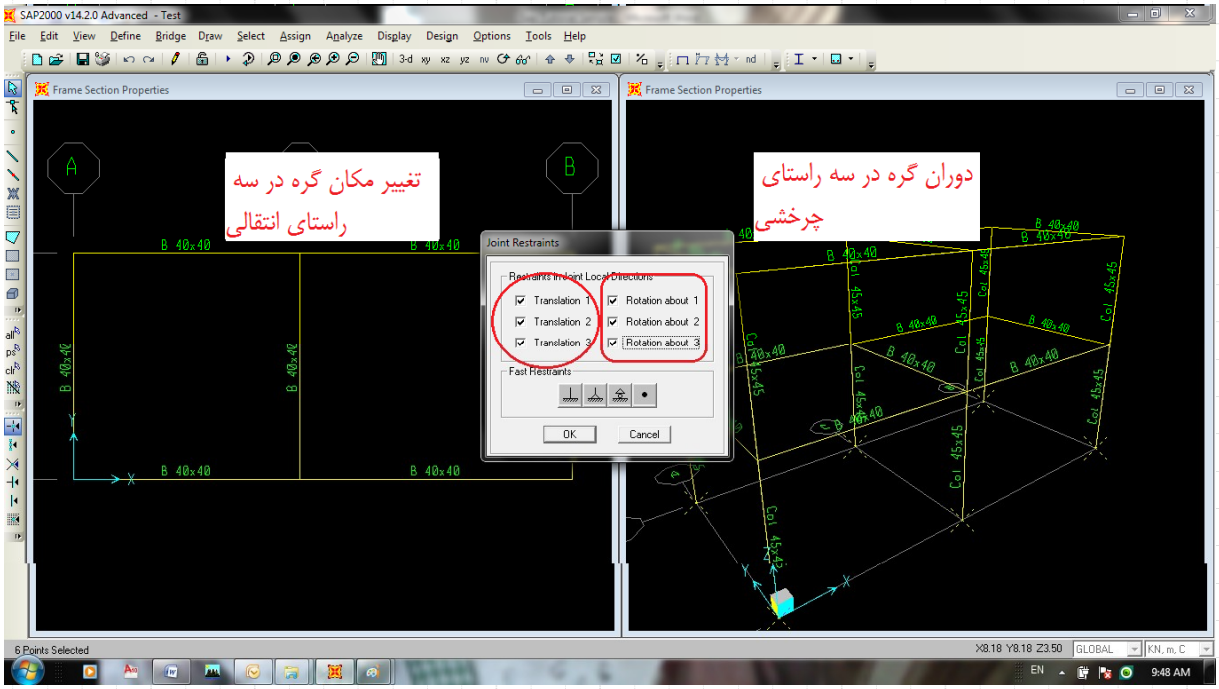
۵-۸ اختصاص تکیه گاه ها و قیود وابستگی (Diaphragm)

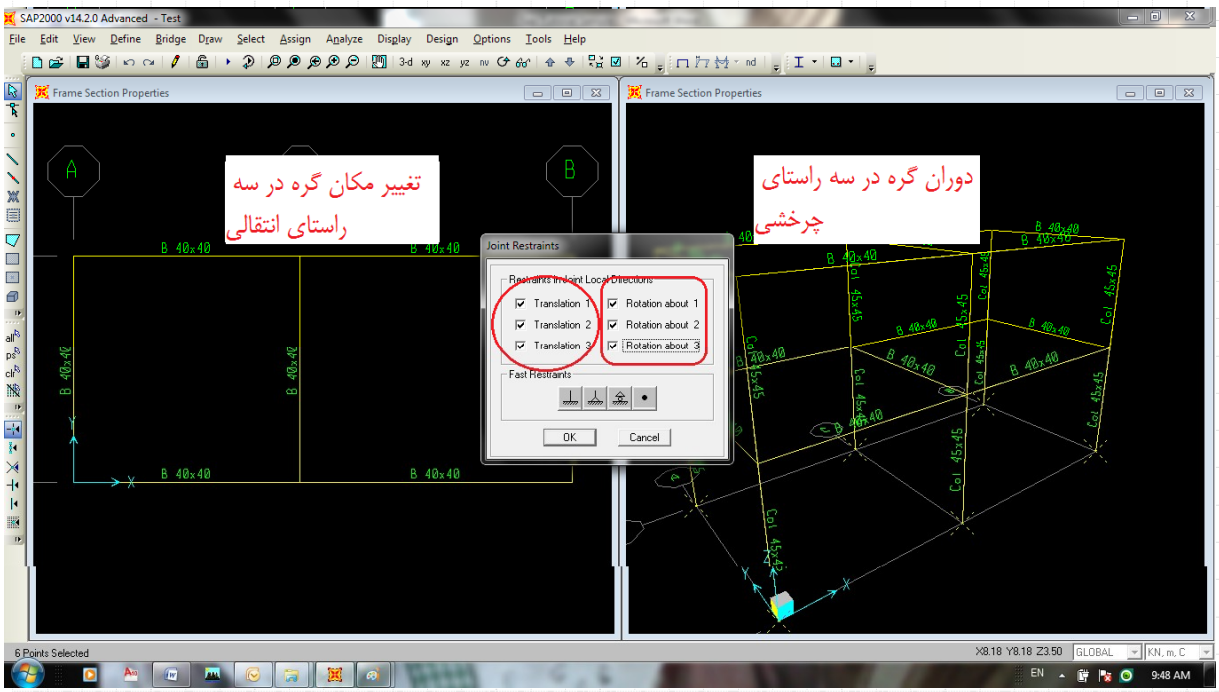
در این مرحله لازم است قیود تکیه گاهی سازه تعریف شود. پس از انتخاب گره های پایینی ستونهای طبقه اول به منوی Assign\Joint\Restraint مراجعه می نماییم



در پنجره ی باز شده سه گزینه مربوط به حرکات انتقالی در راستای x,y و z و سه گزینه مربوط به حرکات دورانی گره در سه راستای x,y و z انتخاب می شود تا تکیه گاه ستون بصورت گیردار در تحلیل وارد گردد.

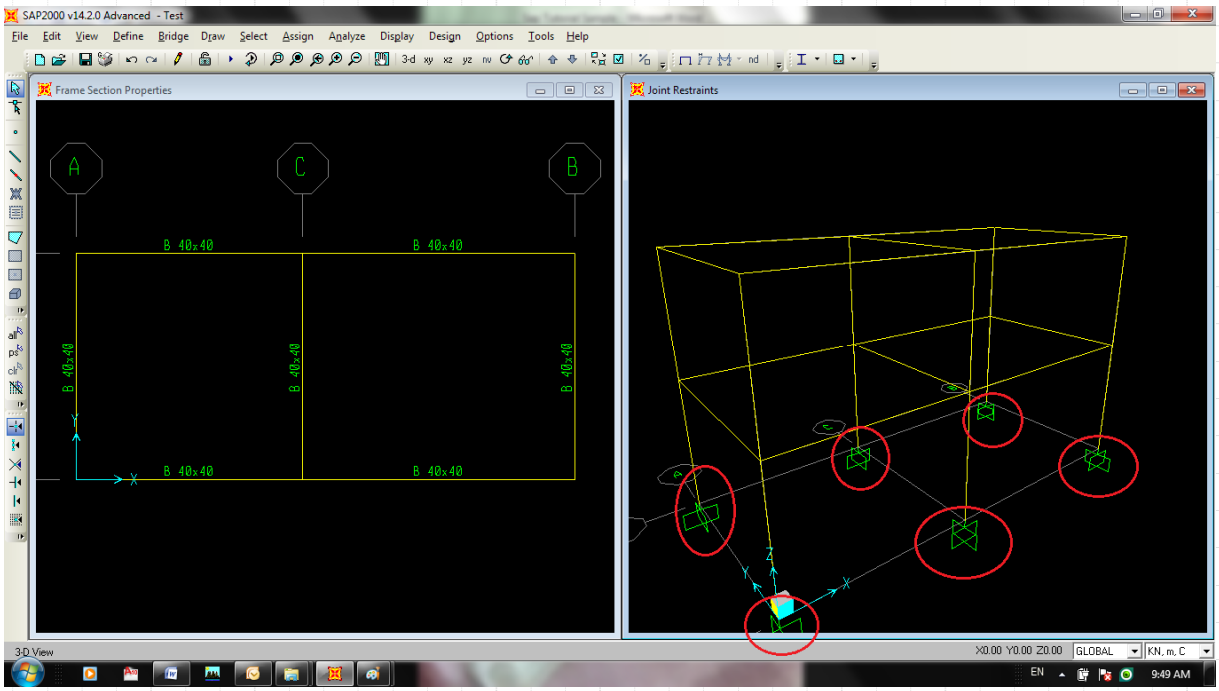
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department





پس از OK کردن پنجره در پای ستون ها نماد مربوط به گیرداری ستون ها نمایش داده خواهد شد.

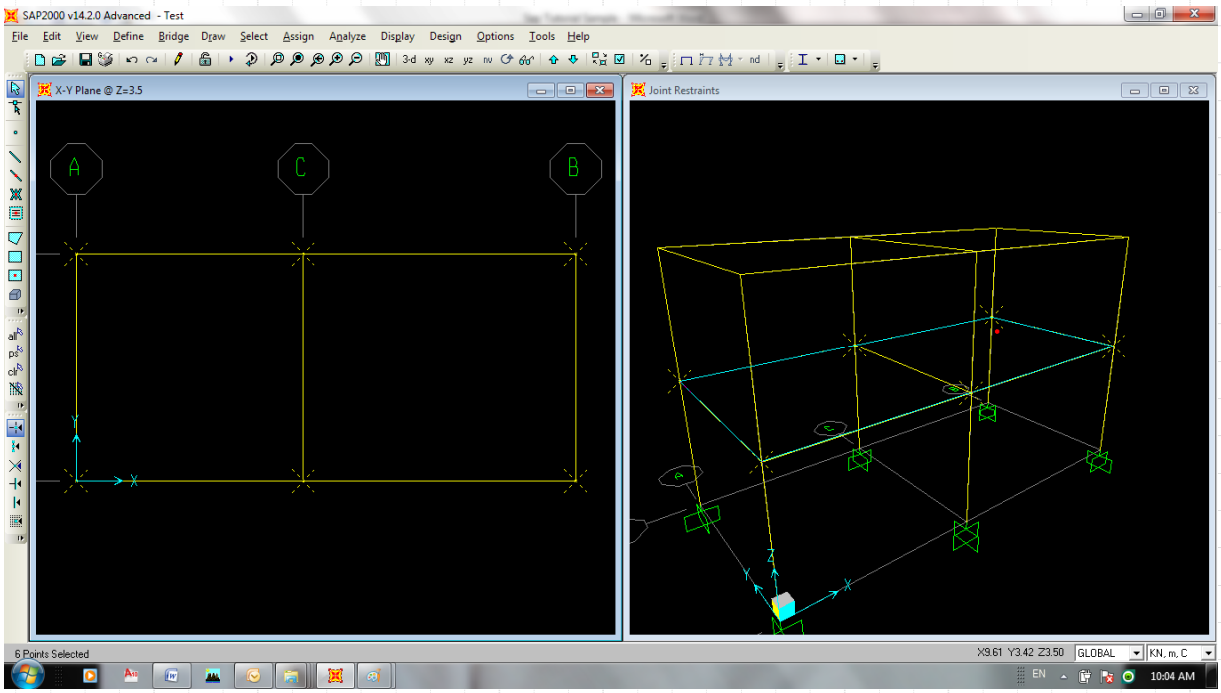
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



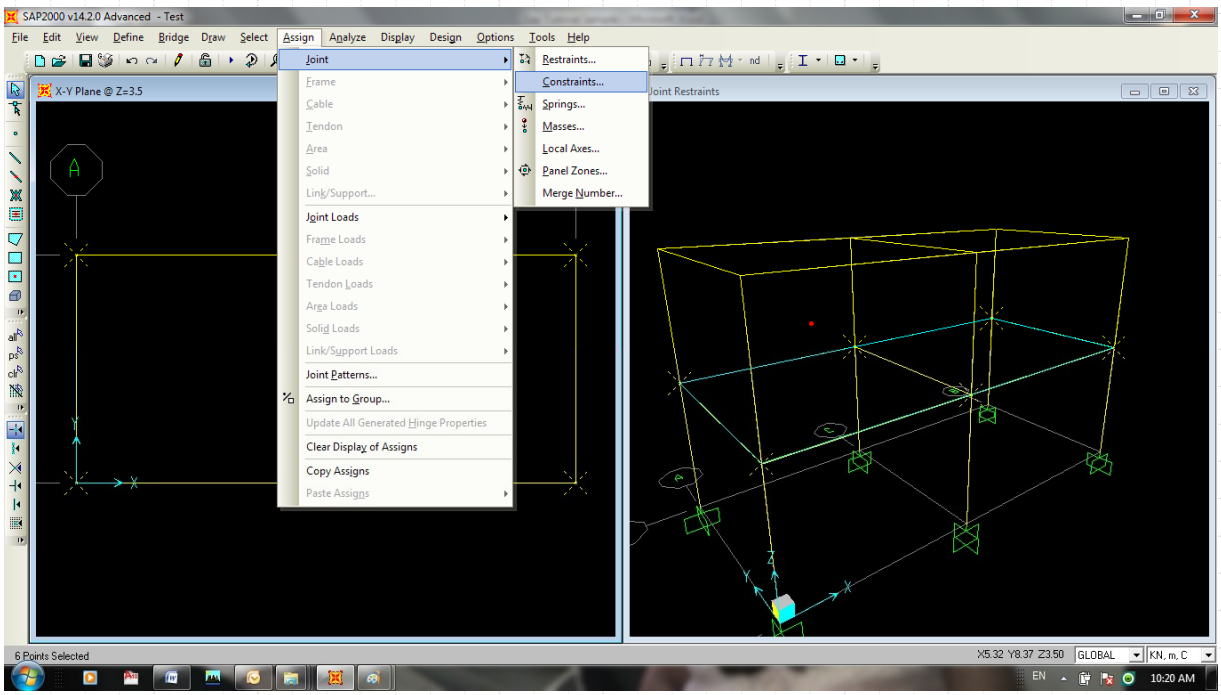
در این مرحله میتوانیم به مرحله بعد که اعمال بارهاست مراجعه کنیم. اما هماهنگونه می دانید ما برای اعمال نیروی زلزله می توانیم بصورت مستقیم بارها را به گره ها وارد نموده و یا اینکه بار را به مرکز جرم اعمال نموده تا برنامه بصورت خودکار این نیرو را در سایر اعضا توزیع نماید. ما در این مثال از گزینه دوم استفاده می نماییم. همان طور که در بخش ۵ ۵ مشاهده نمودید، ما در حین اعمال بار زلزله با یک پیغام مواجه شدیم. برای بر طرف کردن آن پیغام، بایستی نقاط موجود در سقف ها به یکدیگر مقید یا Diaphragm گردد. دیافراگم کردن نقاط گرهی سقف به این معناست که تغییر شکل های صفحه ای گره ها به دلیل وجود دال بتنی در سقف به هم وابسته می شود. توصیه می گردد برای توضیح بیشتر به کتاب های مهندسی زلزله مراجعه شود.

برای دیافراگم کردن طبقه اول ابتدا تمامی نقاط موجود در طبقه ی اول همانند شکل زیر انتخاب می گردد

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

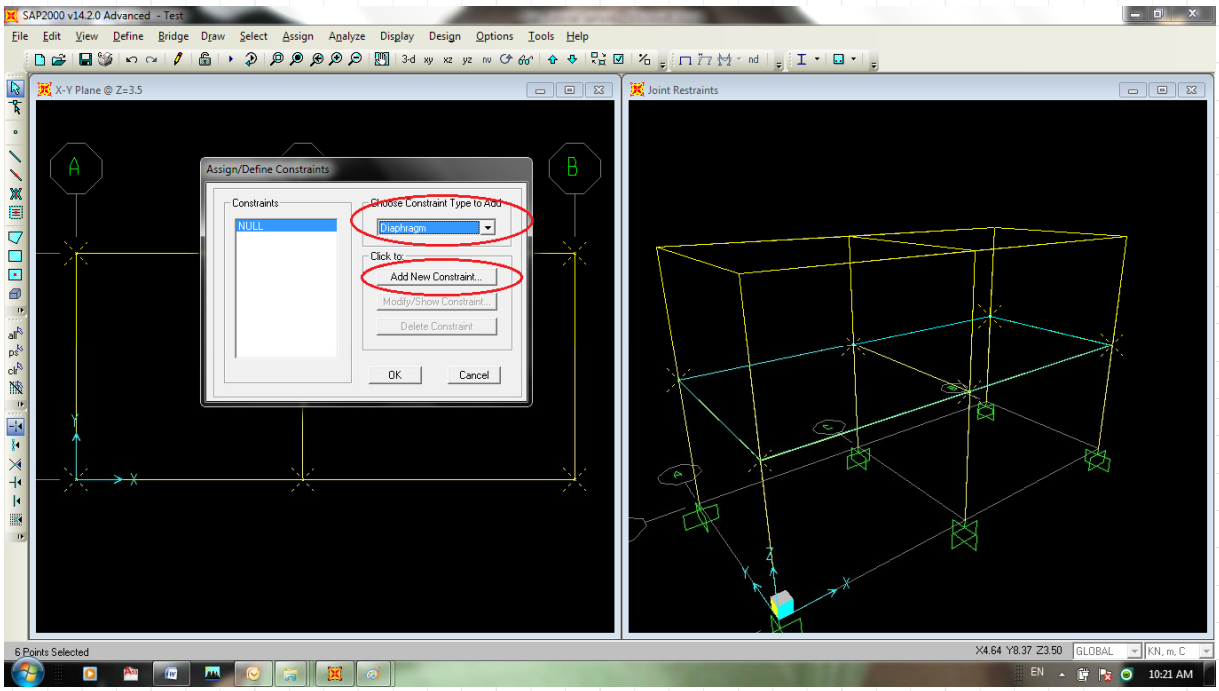


سپس از منوی Assign\Joint\Constraint مطابق با شکل زیر، گزینه ی اختصاص دیافراگم ها را انتخاب می نماییم

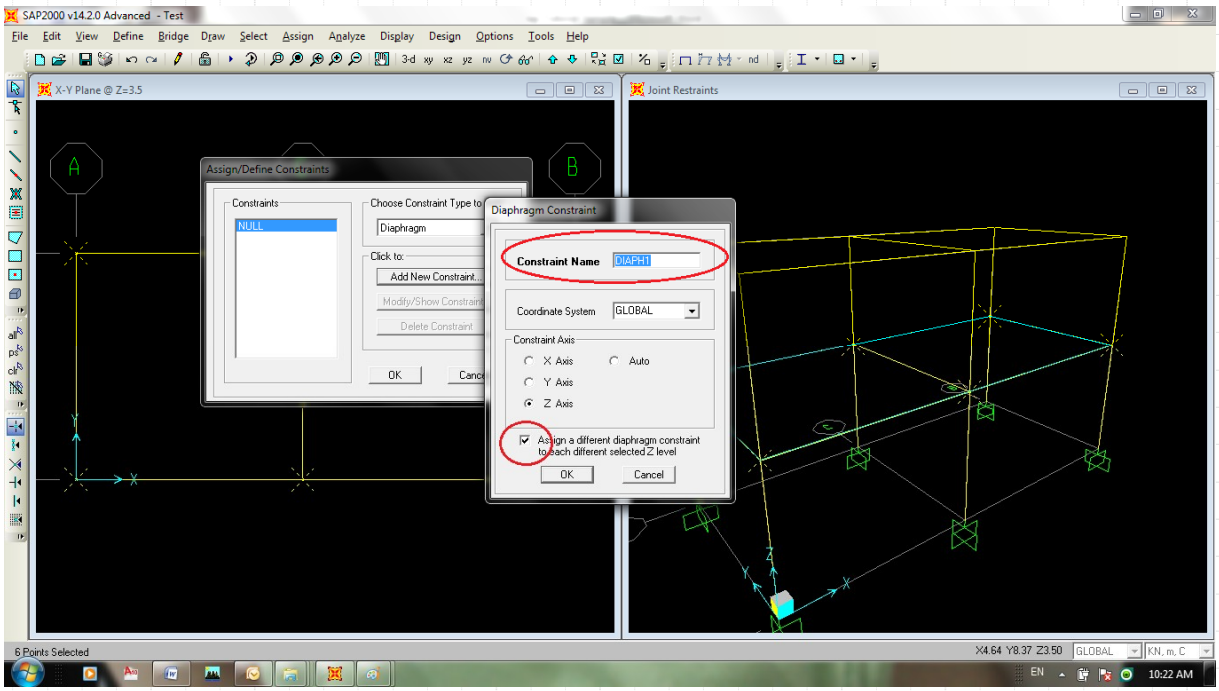


در پنجره نمایان شده گزینه ی Diaphragm را انتخاب کرده و قسمت Add New Constraint را انتخاب می کنیم

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

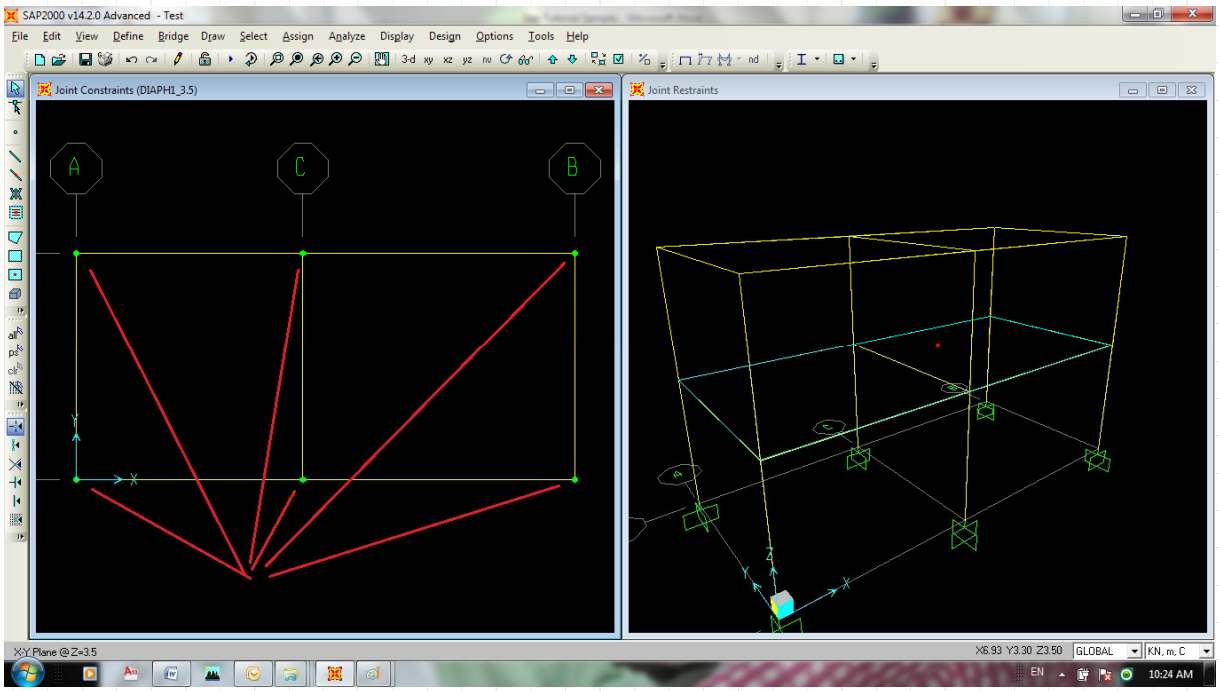


در پنجره ی باز شده نام و قسمت ... Assign a Different Diaphragm را انتخاب می نماییم و با دو با OK کردن به پنجره ی اصلی باز می گردیم

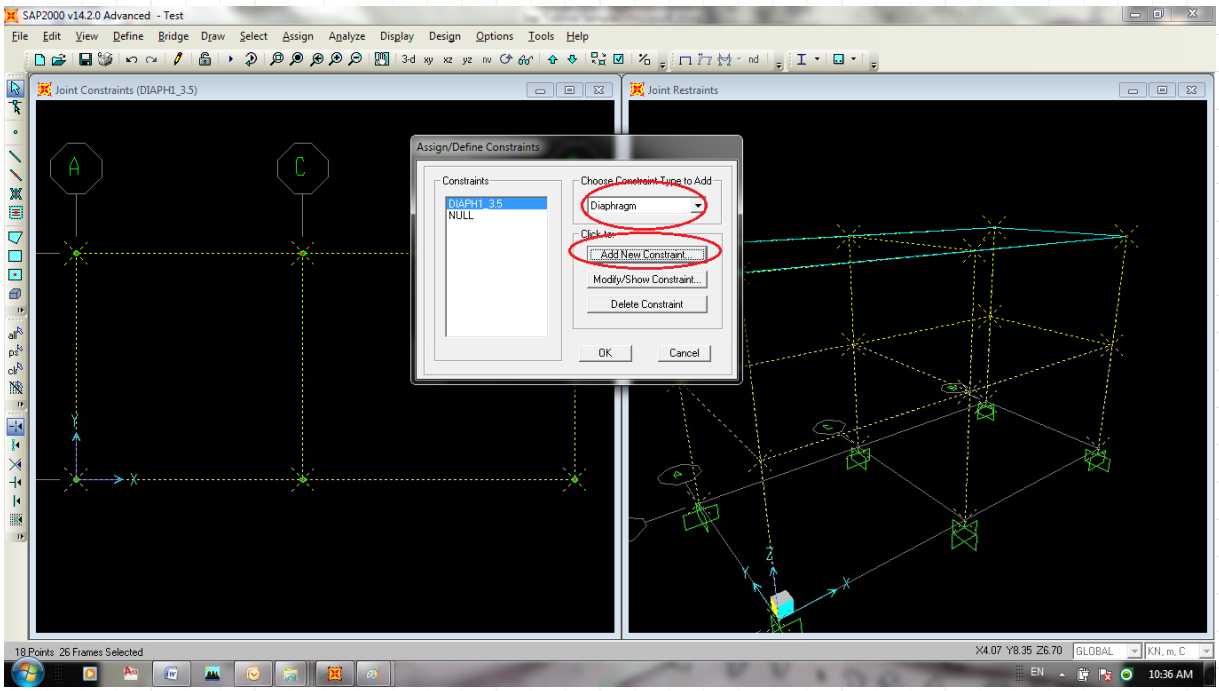


کنون نقاط دیافراگم شده با دایره سبز رنگ مطابق باشکل زیر مشخص می گردد.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

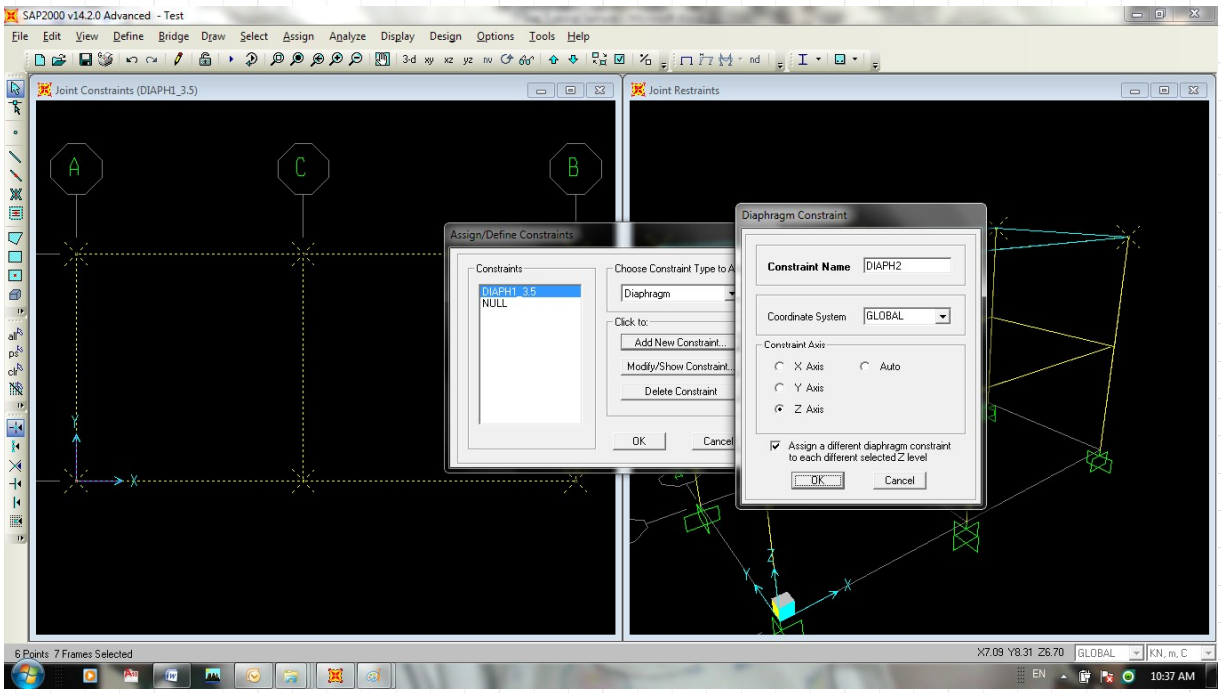


یکبار دیگر نقاط موجود در طبقه ی دوم را انتخاب می نماییم و مجدد به منوی Assign\Joint\Constraint مراجعه کرده و این بار مطابق با شکل های زیر یک دیافراگم دیگر تعریف نموده و عبارت OK را فشرده تا به گره های این طبقه نیز یک دیافراگم جدید اعمال شود.

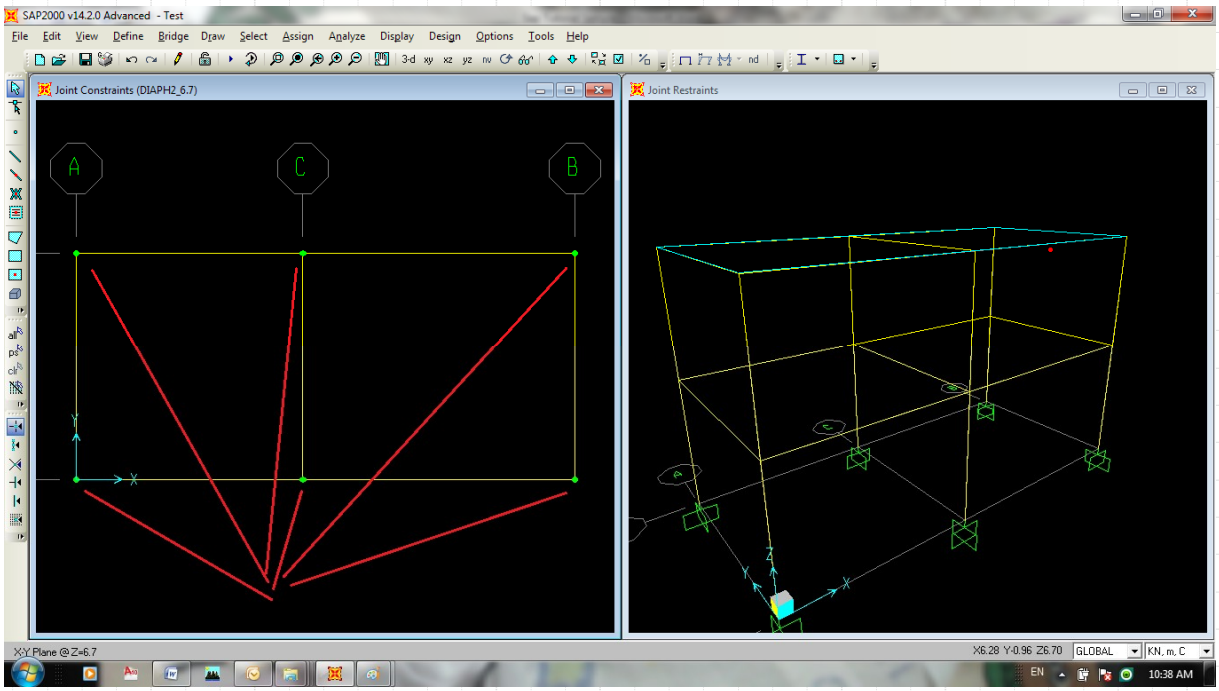


و در ادامه

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



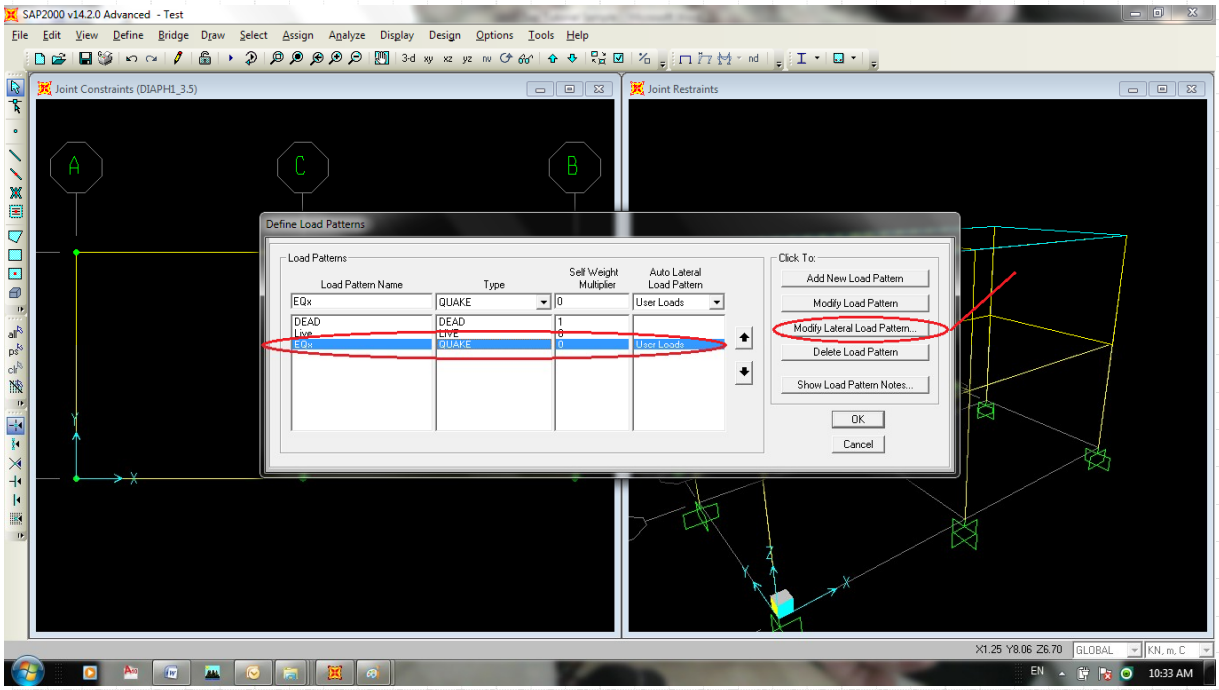
در این مرحله بعد از دیافراگم کردن طبقه ی دوم – که نماد آن در صفحه ی نمایش مطابق با شکل زیر با استفاده از دایره های سبز رنگ در نقاط انتخاب شده نمایان می گردد – مطابق با شکل زیر ظاهر می شود.



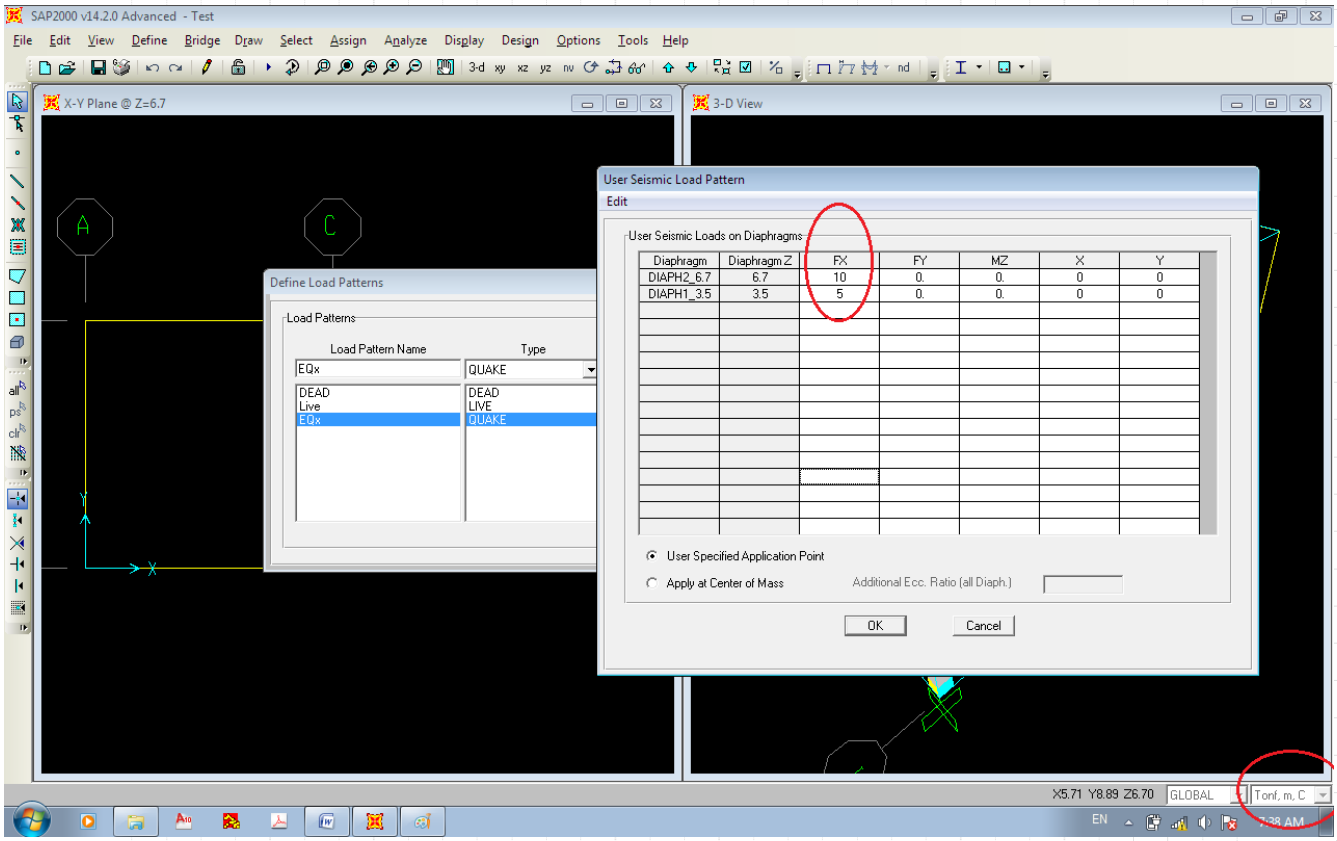
اکنون قبل از مراجعه به بخش بعدی و اختصاص بارها، به منوی Define\Load Patterns مراجعه کرده و بارهای زلزله وارده در طبقات را اعمال می نماییم. توجه نمایید در صورت تمایل می توانید نیروی زلزله را همانند بخش بعد بصورت دستی نیز در گره ها اعمال نمود. مطالعه و کنکاش بیشتر در این مورد را به عهده خواننده می گذاریم

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

در منوی Define\Load Patterns بایستی بعد از انتخاب بار زلزله ی EQx منوی Modify Lateral Load Pattern را انتخاب نمود.

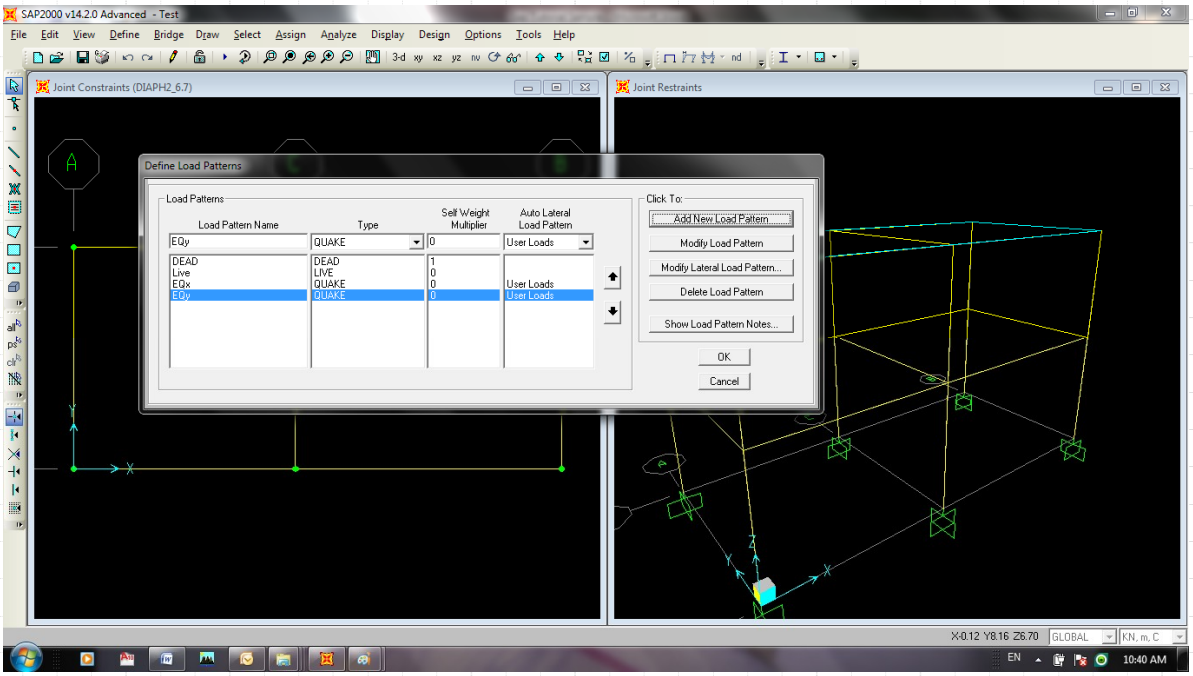


در این مرحله نیروی زلزله طبقات را مطابق باشکل زیر اعمال می نماییم.

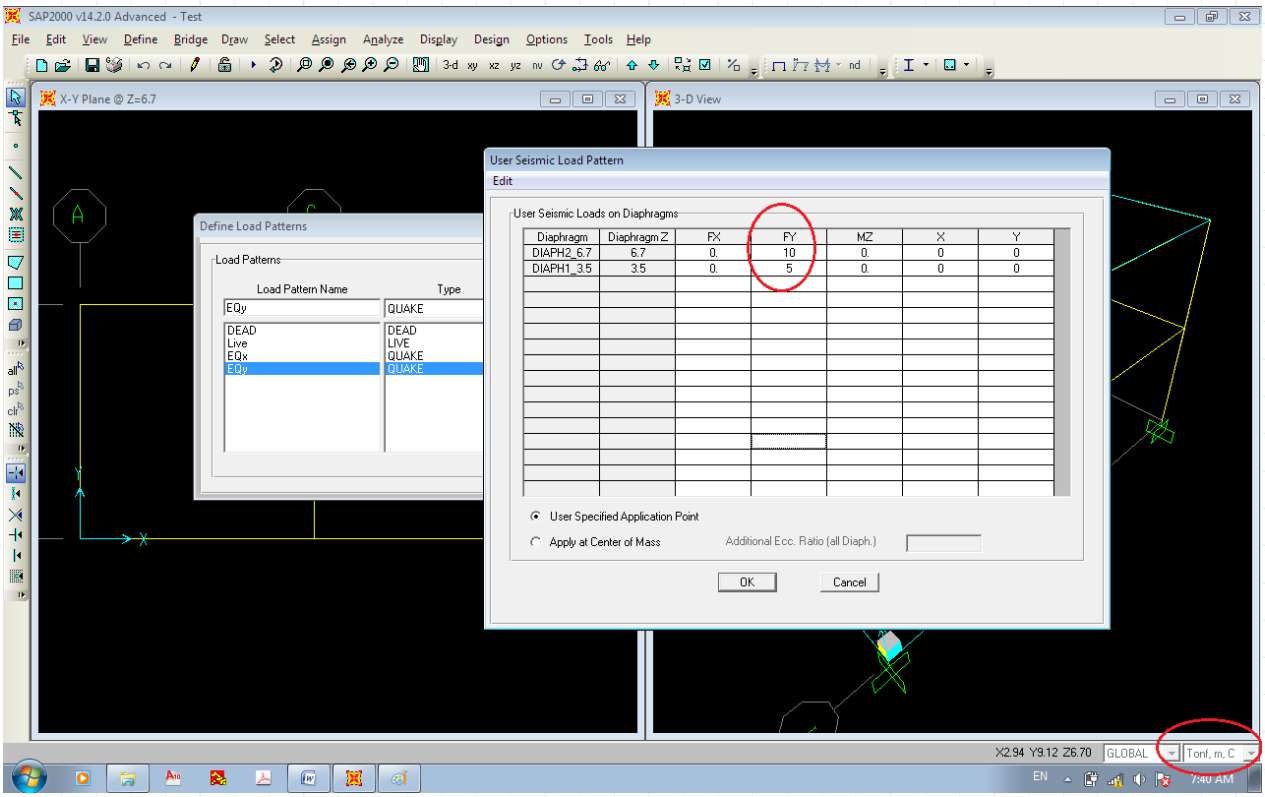


Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

هم اکنون برای زلزله ی جهت y نیز یک Load Patterns جدید همانند شکل های زیر تعریف می نماییم.



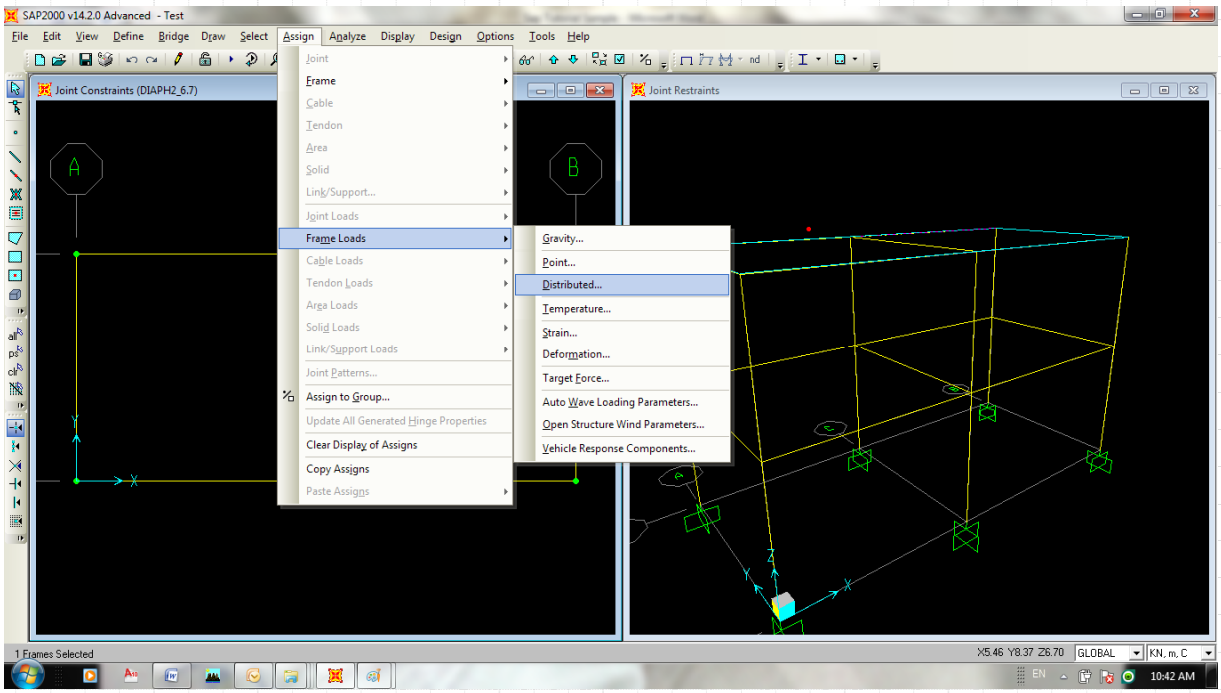
و سپس اعمال بار زلزله به دیافراگم ها



Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

۵-۹ اختصاص بارها

در این مرحله برای اعمال بارهای وارده به قاب ها بایستی پس از انتخاب المان مورد نظر از منوی Assign\Frame Load\ Distributed مطابق با شکل وارد مرحله ی اختصاص بارها شد.

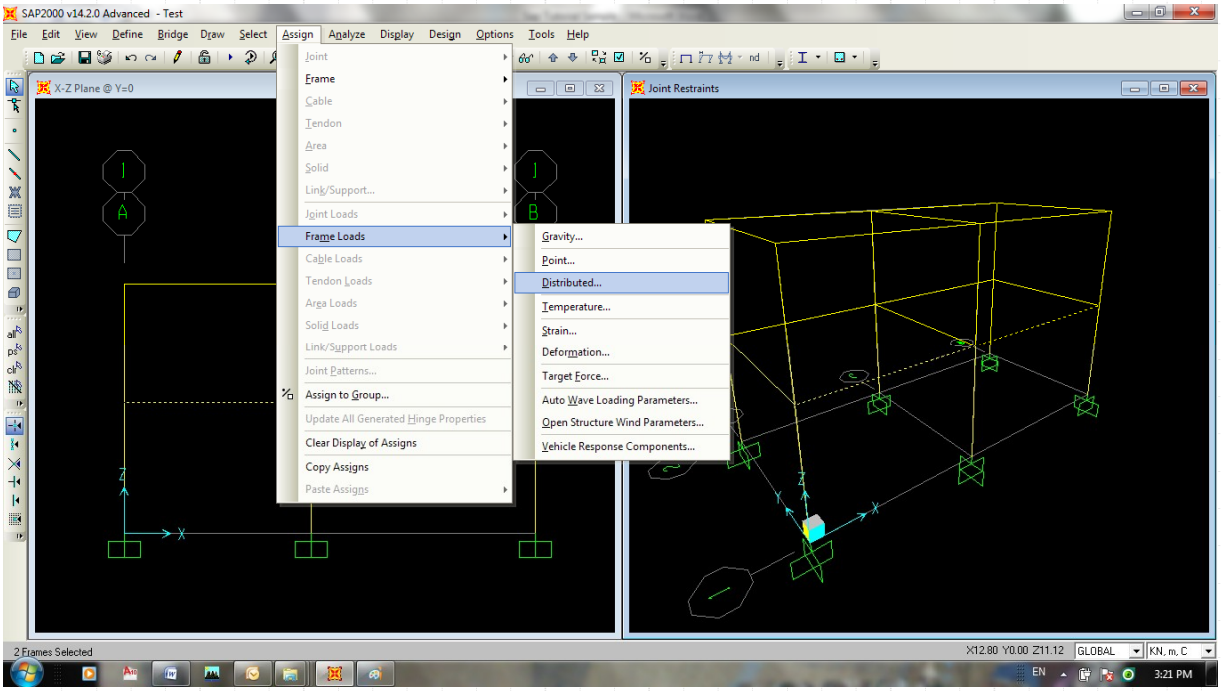


در این مثال نحوی اعمال بارهای به قاب محور یک توضیح داده می شود و برای سایر قاب ها توسط کاربر ادامه داده خواهد شد.

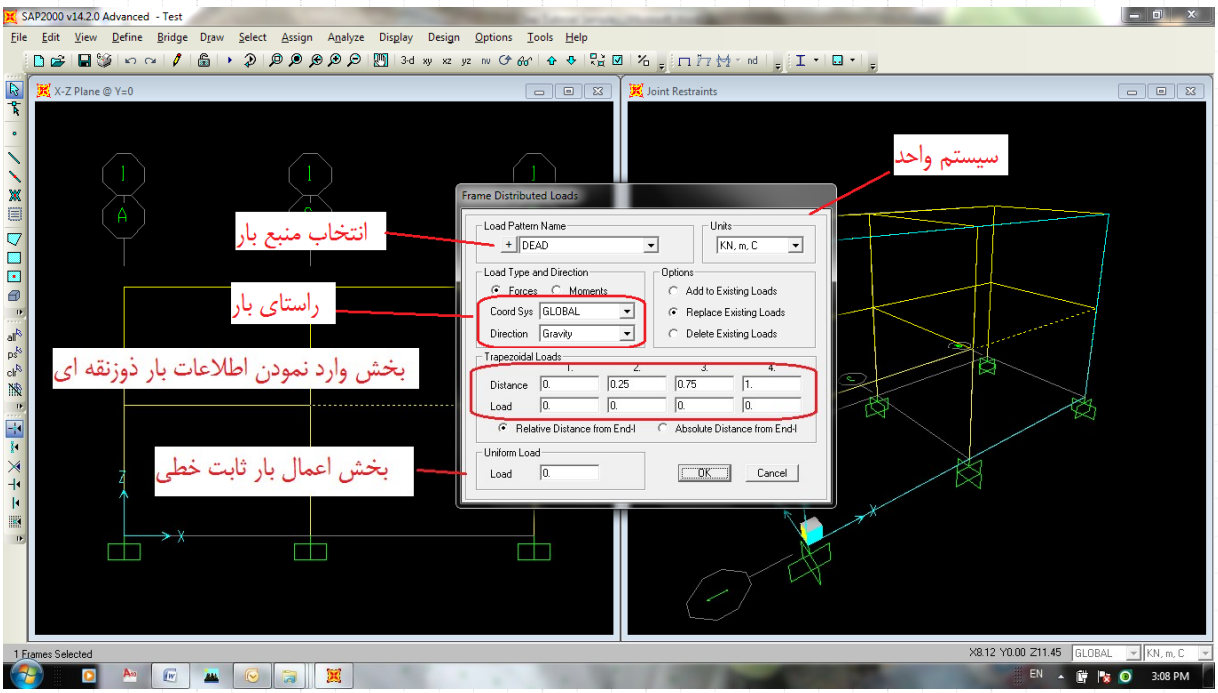
بر اساس اطلاعات بارگذاری که در بخش ۴ ارائه شده است، در قاب محور یک بارهای زیر وارد می شوند:

- بارگسترده ی خطی دیوار (بعنوان بار مرده) در طبقه اول به مقدار ۸۴۰ کیلوگرم برمتر طول
- بارگسترده ی خطی دیوار (بعنوان بار مرده) در طبقه دوم به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم برمتر طول
- بارگسترده ی خطی کف ها (بعنوان بار مرده) در طبقه اول، دهانه ی سمت راست به مقدار ۱۶۲۵ کیلوگرم بر متر طول
- بارگسترده ی خطی کف ها (بعنوان بار زنده) در طبقه اول، دهانه ی سمت راست به مقدار ۵۰۰ کیلوگرم بر متر طول
- بارگسترده ی ذوزنقه ای (بعنوان بار مرده) در طبقه ی دوم، در هر دو دهانه با مقدار حداکثر ۱۸۱۲/۵ کیلوگرم برمتر طول
- بارگسترده ی ذوزنقه ای (بعنوان بار زنده) در طبقه ی دوم، در هر دو دهانه با مقدار حداکثر ۳۷۵ کیلوگرم برمتر طول

هم اکنون دو تیر طبقه ی اول را انتخاب کرده و از طریق منوی Assign\Frame loads\Distributed وارد پنجره ی اعمال بار خطی بر روی تیر می شویم

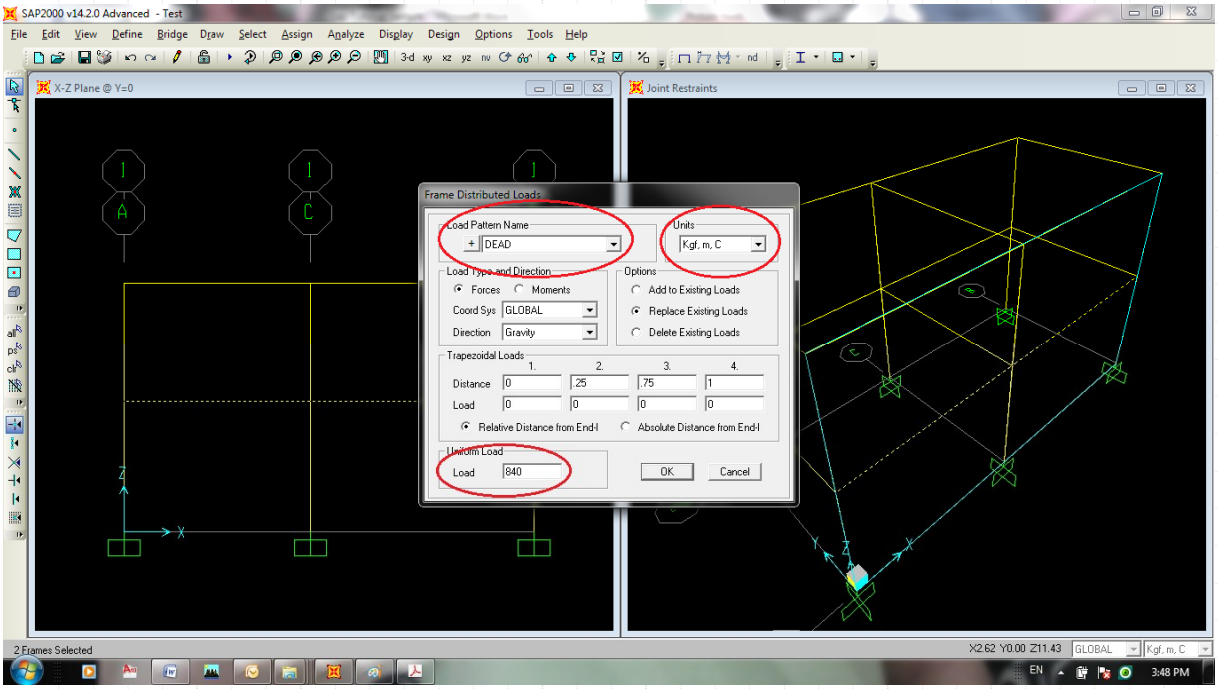


اطلاعات حاضر در پنجره ی اعمال بارگذاری به صورت زیر می باشد

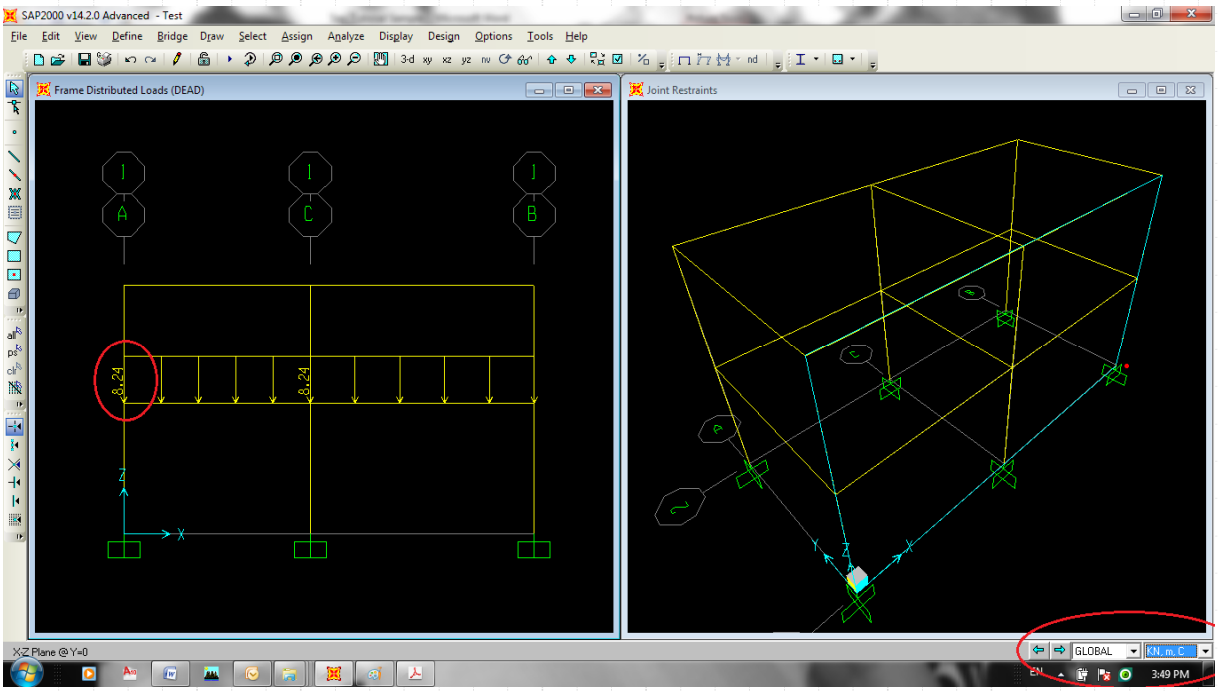


جهت اعمال بار گسترده ی خطی اطلاعات را همانند شکل زیر در پنجره درج نموده و کلید OK را انتخاب می نماییم. توجه داشته باشید که نوع بار انتخابی Dead انتخاب شده باشد.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

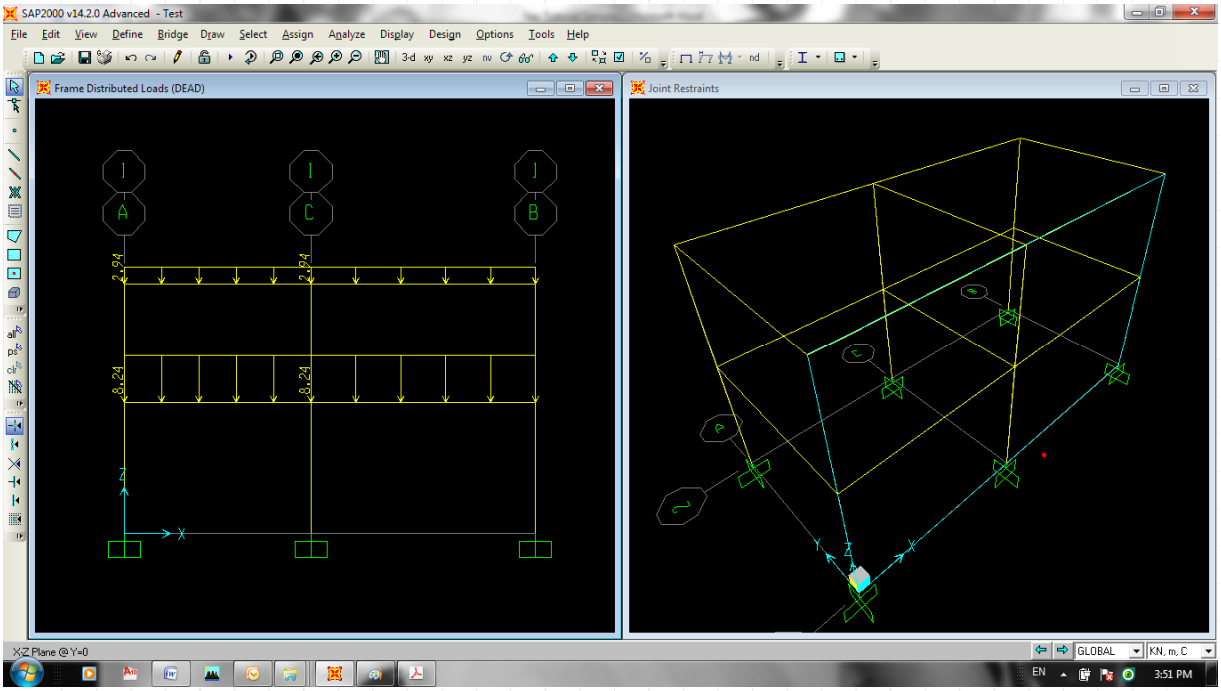


هم اکنون بار وارد شده بر روی صفحه نمایش نشان داده می شود.

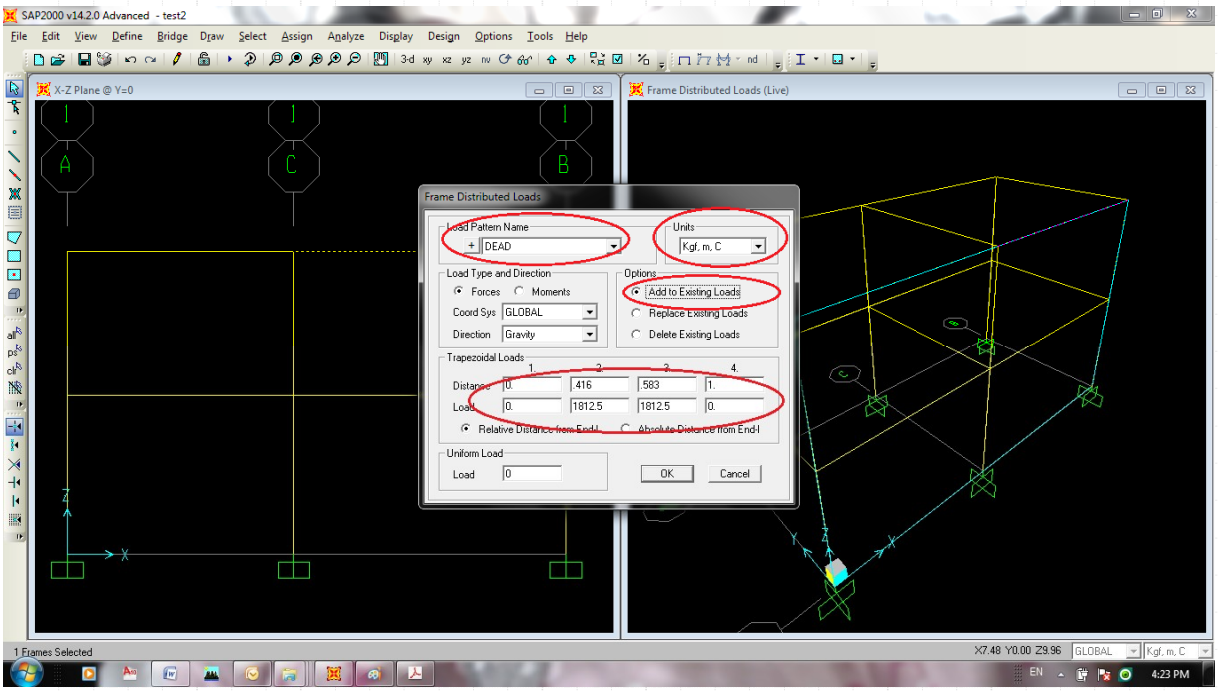


همانگونه که می بینید بار بر اساس واحد KN.m به مقدار 8.24 نمایش داده می شود که می توانید با تغییر واحد ها عدد 840 Kg/m را در پنجره مشاهده نمایید. به همین طریق بار دیوار وارده بر تیرهای طبقه ی دوم به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم بر متر طول وارد نمایید.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

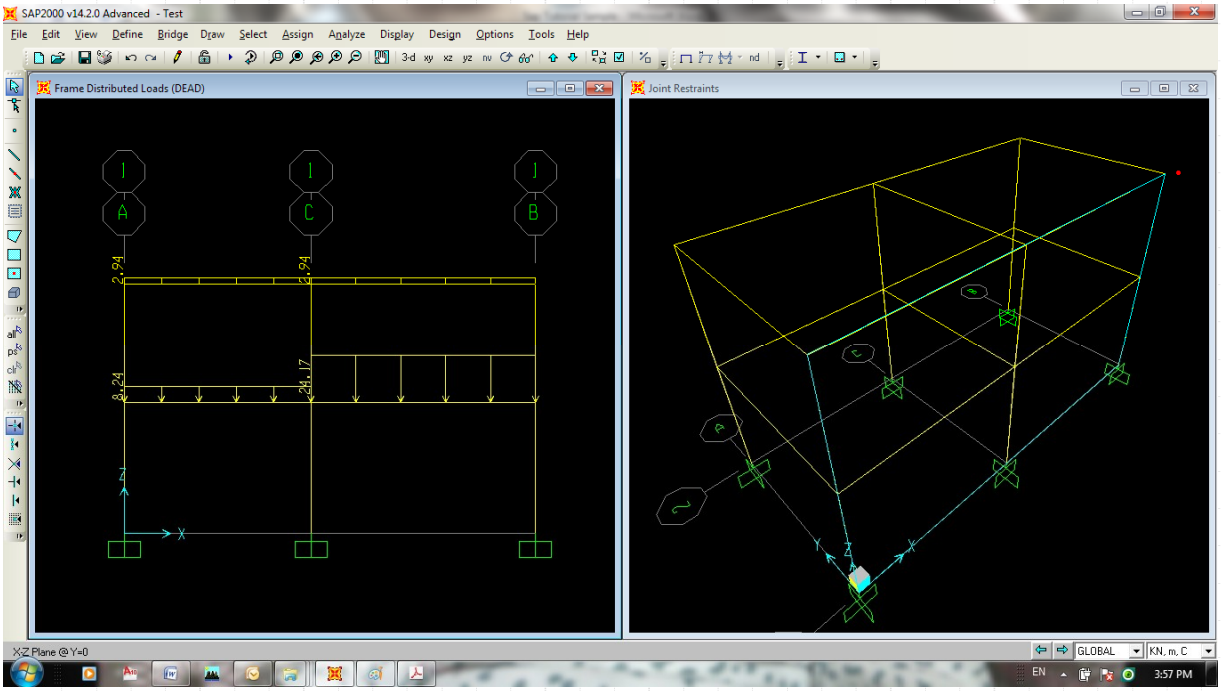


اکنون می توانید بار مرده وارده بر تیر سمت راست در طبقه ی اول به مقدار ۱۶۲۵ کیلوگرم بر متر طول اعمال نمایید. توجه داشته باشید این بار بایستی با بار مرده ی دیوار ها که قبلا اعمال شده است، اضافه گردد. لذا در پنجره بارگذاری گزینه Add را همانند شکل زیر حین درج اطلاعات تغییر دهید.

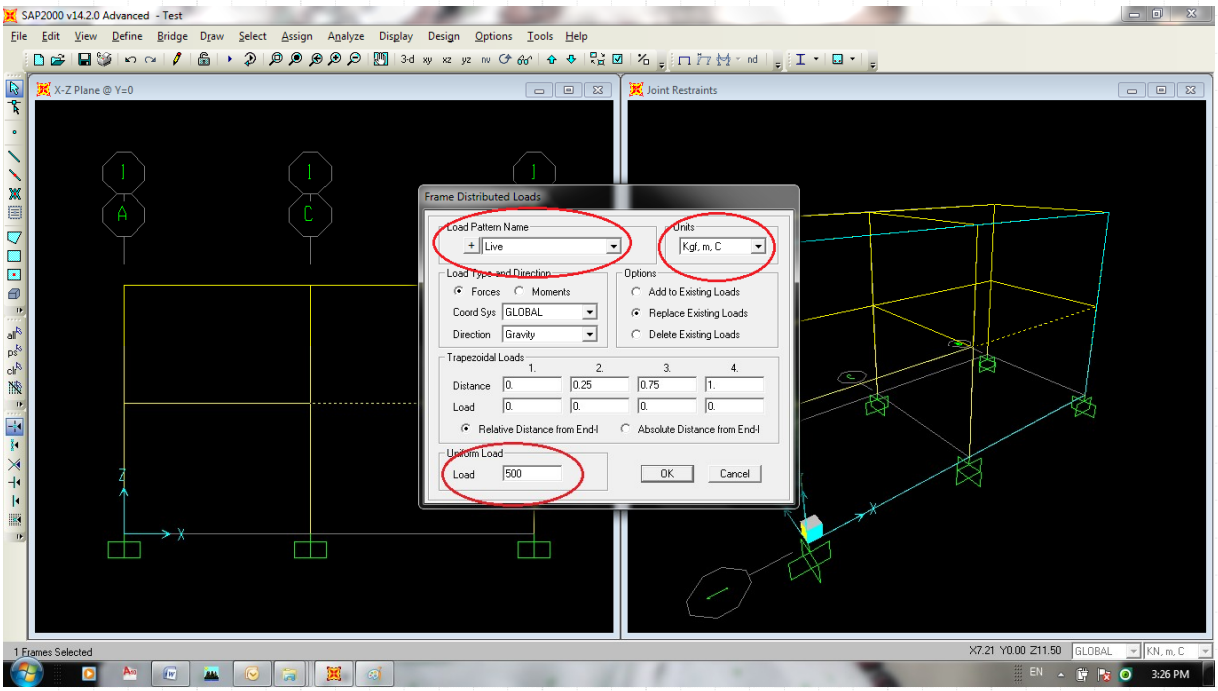


بعد از تنظیم پنجره به شکل فوق، بار اعمالی در این مرحله با بار دیوار در مرحله قبلی اضافه می شود و نتیجه ی آن تصویر شکل زیر می باشد.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

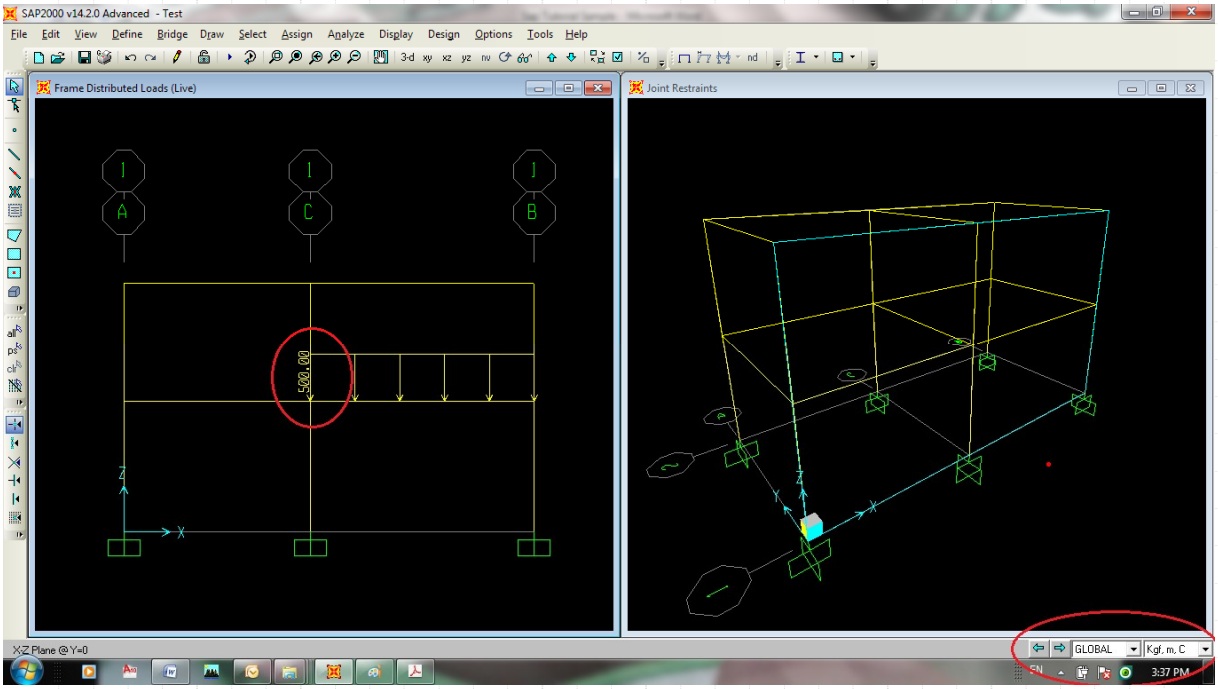


برای اعمال بار زنده ی واده به تیر سمت راست در طبقه اول، آن را انتخاب نموده و از طریق منوی Assign\Frame Loads\Distributed به پنجره ی بارگذاری وارد شده و اطلاعات را همانند شکل زیر وارد نموده و کلید OK را انتخاب می نماییم. توجه داشته باشید چون بار از نوع زنده است در قسمت Load Pattern Name نامه Live را انتخاب نموده تا این بار در زمره بار زنده به سازه اعمال گردد.



بعد از OK کردن پنجره ی فوق، تصویر زیر دیده می شود.

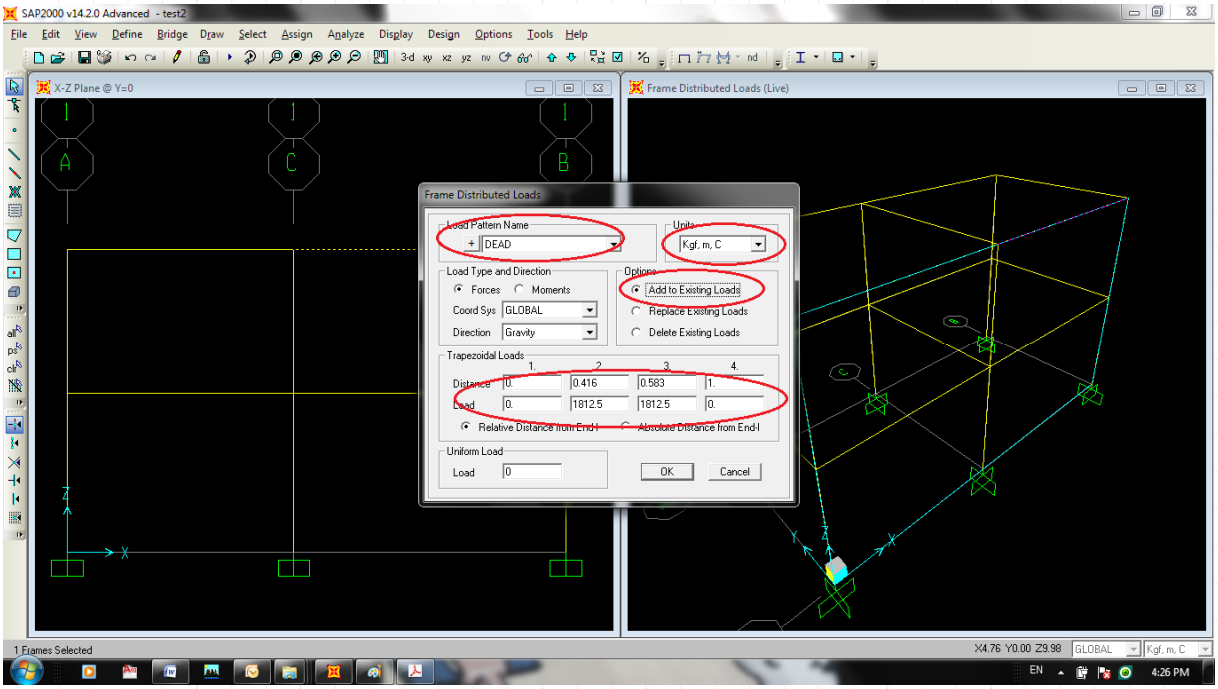
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



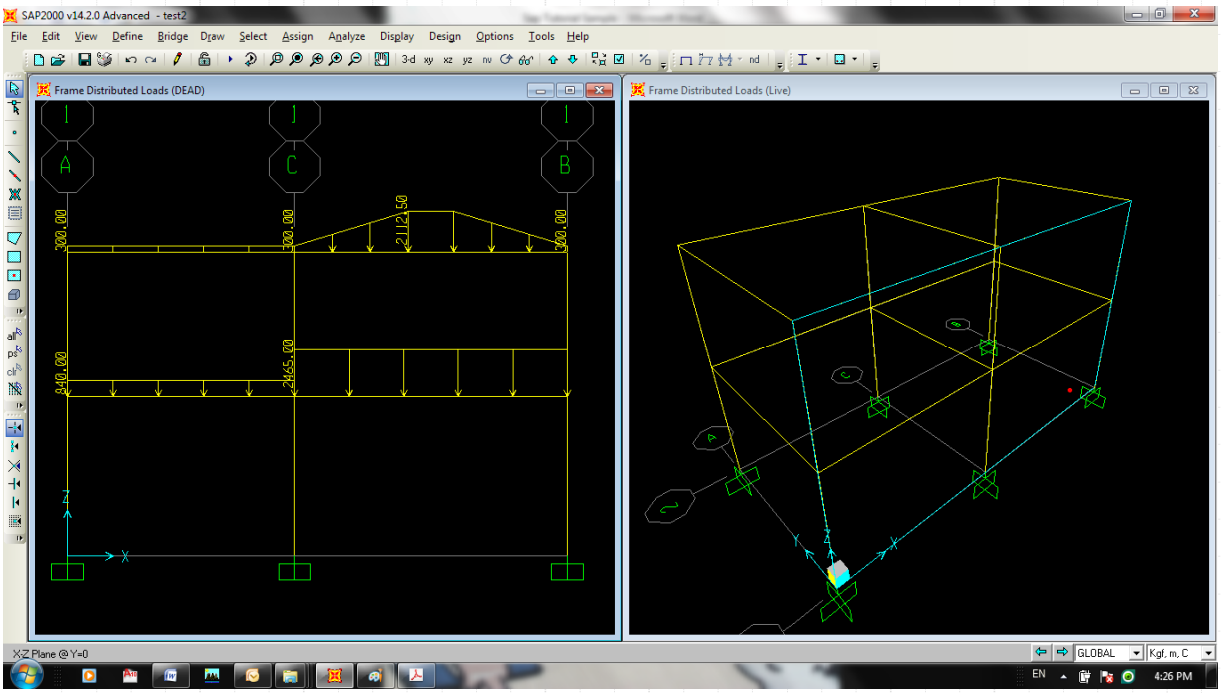
اکنون برای تیر های طبقه دوم بار گذاری مرده را اعمال می نماییم. به همین منظور تیر دهانه ی سمت راست در طبقه ی دوم را انتخاب نموده و وارد پنجره اعمال می شویم. اطلاعات را همانند شکل زیر وارد نموده و کلید OK را انتخاب می نماییم.

توجه نمایید در پنجره بارگذاری، اعمال بار ذوزنقه ای در قسمت Trapezoidal Loads صورت می گیرد. در این بخش در قسمت Distance فاصله نسبی محلی که شدت بار تغییر می نماید وارد شده است . مثلا در ابتدای تیر فاصله 0 و مقدار بار 0 و در فاصله ی نسبی 2.5/6=0.416 مقدار بار 1812.5 و در فاصله ی نسبی 3.5/6=0.416 مقدار بار 1812.5 و در انتهای تیر که نسبت طول آن 1 می باشد عدد صفر اعمال گردیده است.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

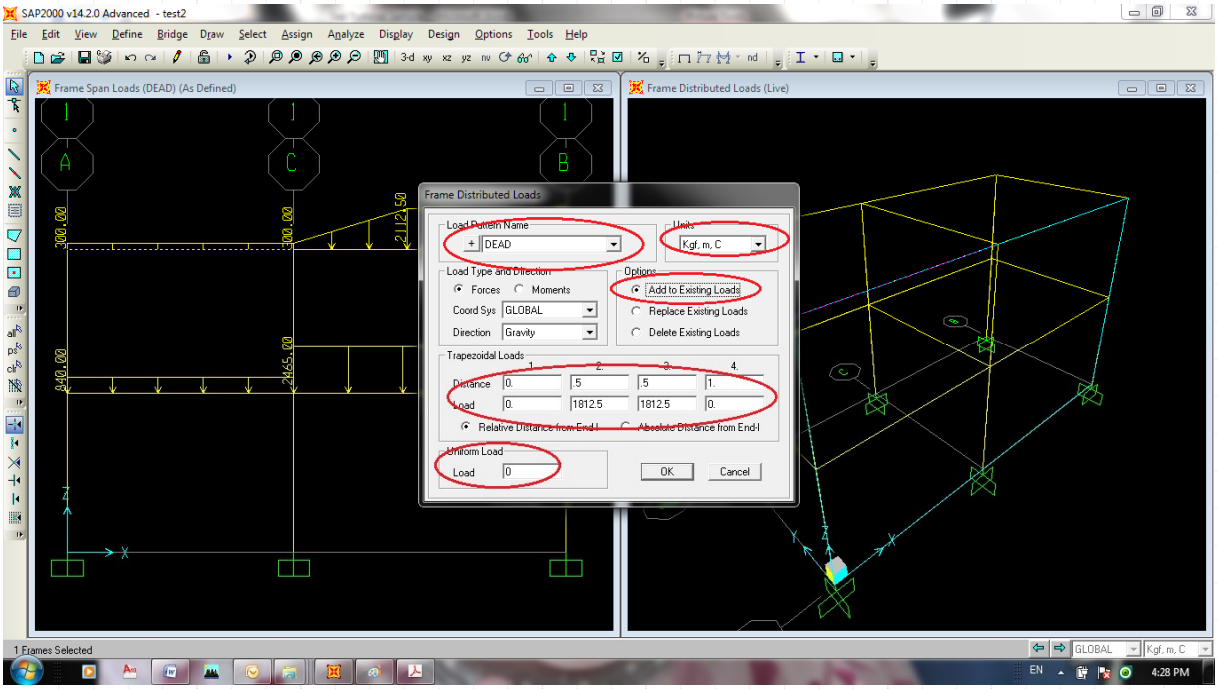


اکنون بار وارده به صورت زیر در صفحه نمایش داده می شود. توجه کنید همزمان با این بار بارهایی که قبلا در طبقه ی اول نیز اعمال نمودید نمایش داده می شود.

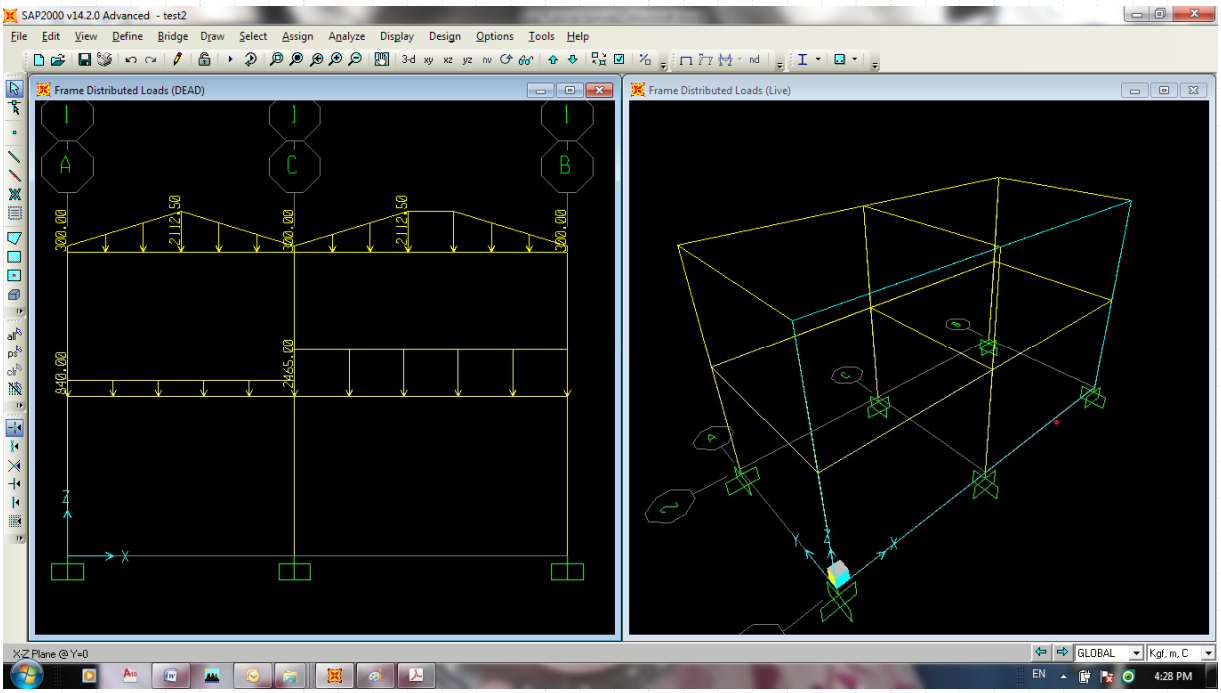


به همین طریق برای تیر سمت چپ در طبقه ی دوم اطلاعات بار را بصورت زیر وارد می نماییم.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

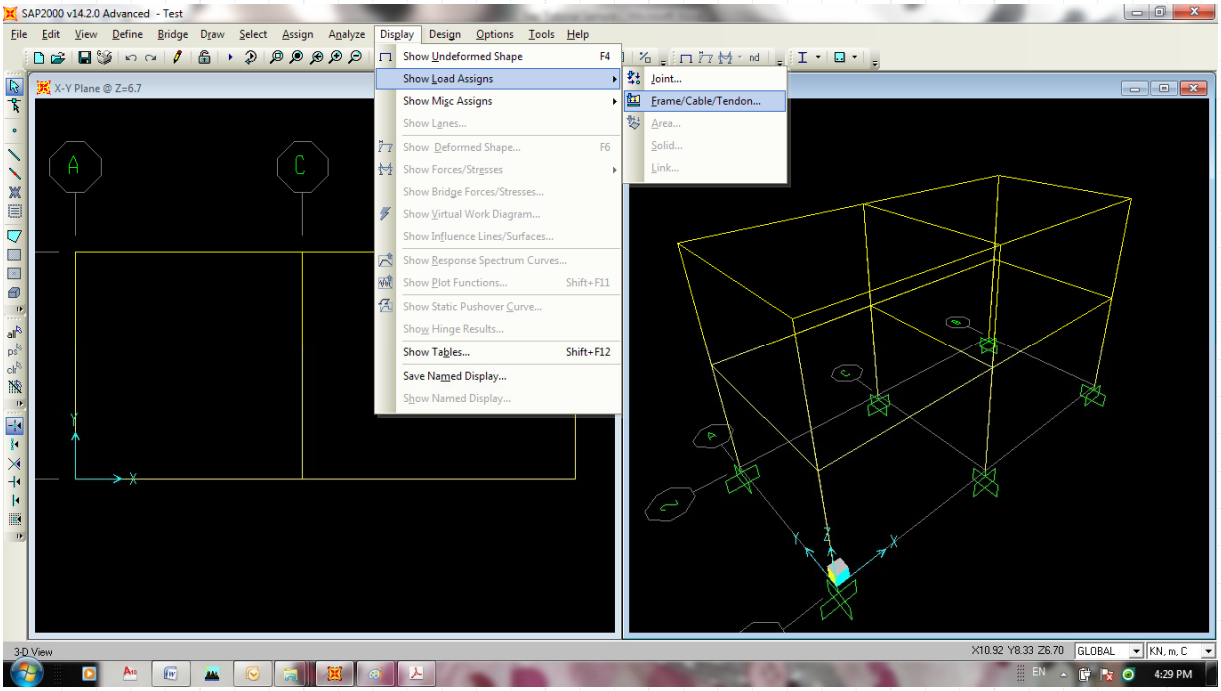


بعد از OK کردن پنجره بار وارده به صورت زیر نمایان می گردد

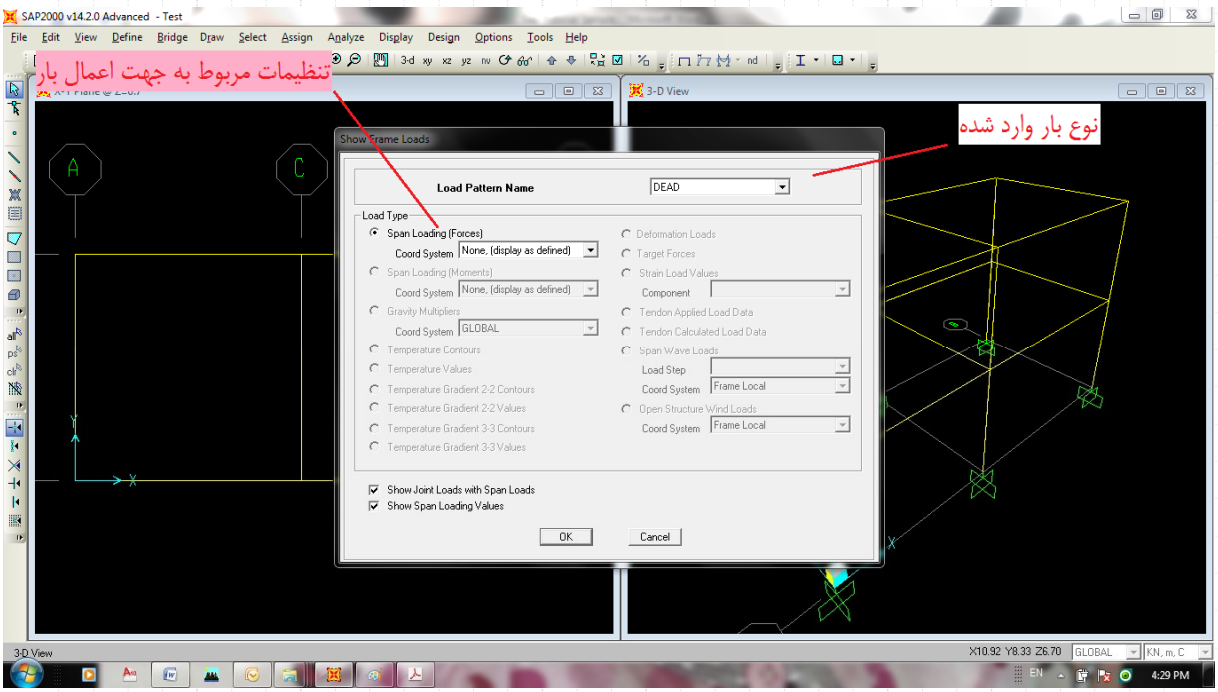


به همین طریق تمامی بارهای وارده به تیرها با رعایت دقت در مقدار و نوع بارگذاری (Load Pattern) به سازه اعمال می شود. برای کنترل نتیجه می توانیم وضعیت بارهای اعمالی به سازه را از طریق منوی زیر کنترل نمایید.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

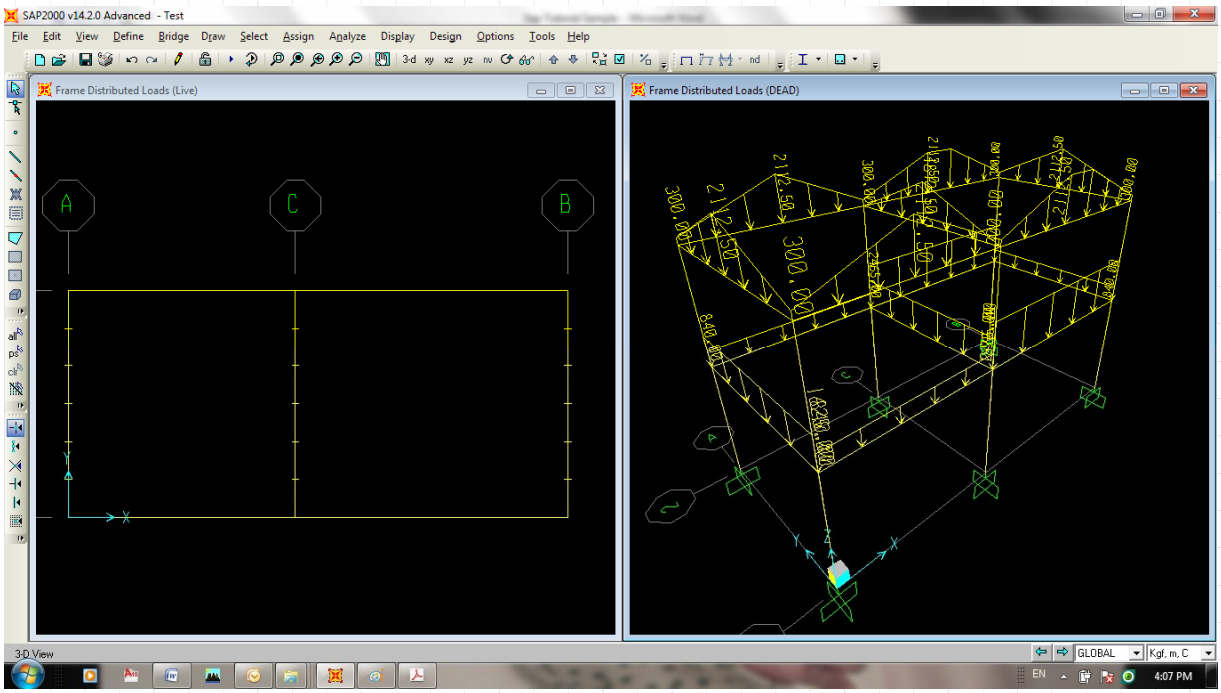


بعد از انتخاب این گزینه پنجره زیر ظاهر می شود. در این پنجره خواهیم داشت

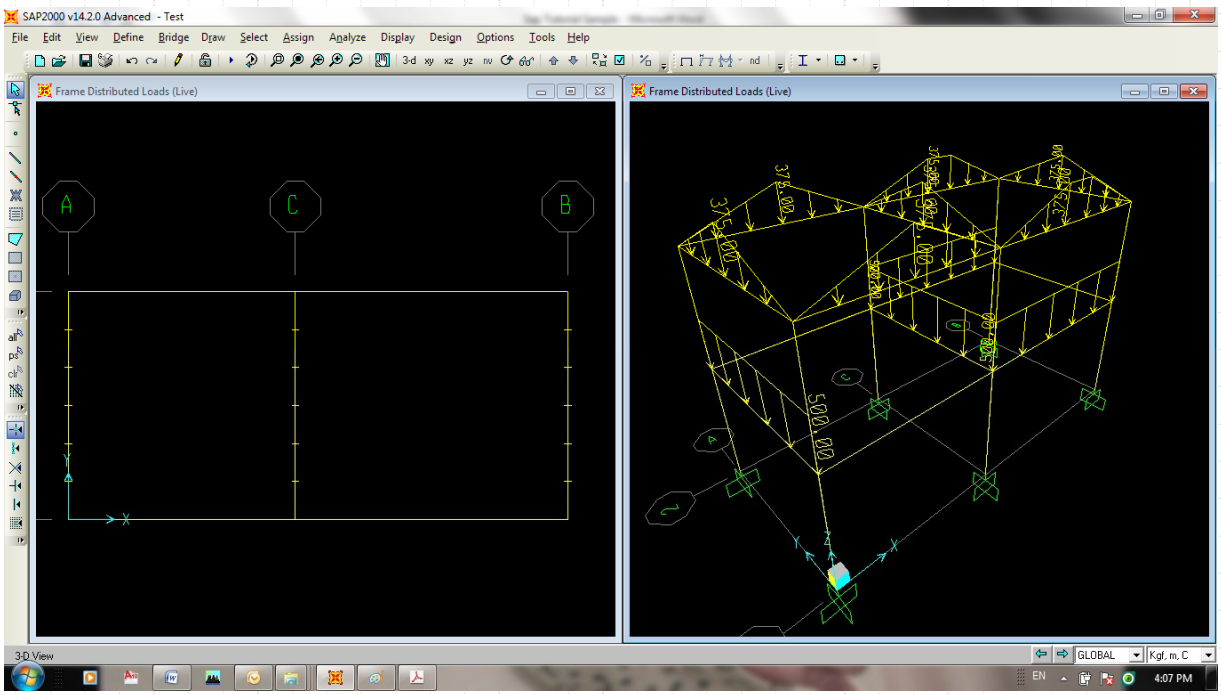


بعد از انتخاب بار مرده، خروجی زیر تحت عنوان بارهای مرده وارد شده به کل سازه نمایش داده می شود.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



بعد از انتخاب بار زنده، خروجی زیر تحت عنوان بارهای زنده ی وارد شده به کل سازه نمایش داده می شود.



۵ -۱۰ تعریف ترکیبات بارگذاری

بر اساس آئین نامه آبا، ترکیبات طراحی در حالت سرویس و نهایی به شرح زیر می باشد

ترکیبات حالت سرویس

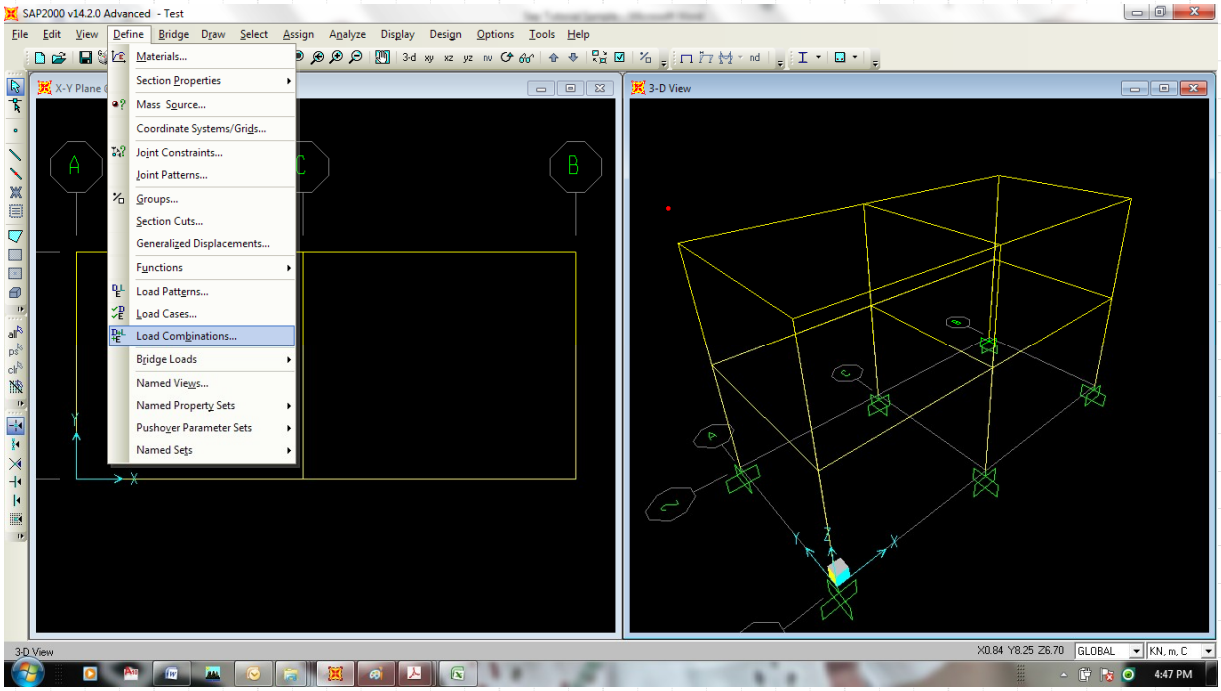
S1	1	Dead	+ 1	Live		
S2	1	Dead	+ 1	Live	+ 1	EQx
S3	1	Dead	+ 1	Live	+ -1	EQx
S4	1	Dead	+ 1	Live	+ 1	EQy
S5	1	Dead	+ 1	Live	+ -1	EQy
S6	1	Dead	+ 1	EQx		
S7	1	Dead	+ -1	EQx		
S8	1	Dead	+ 1	EQy		
S9	1	Dead	+ -1	EQy		
Push S	ترکیب پوش تمامی ترکیبات S1 تا S9					

ترکیبات حالت نهایی

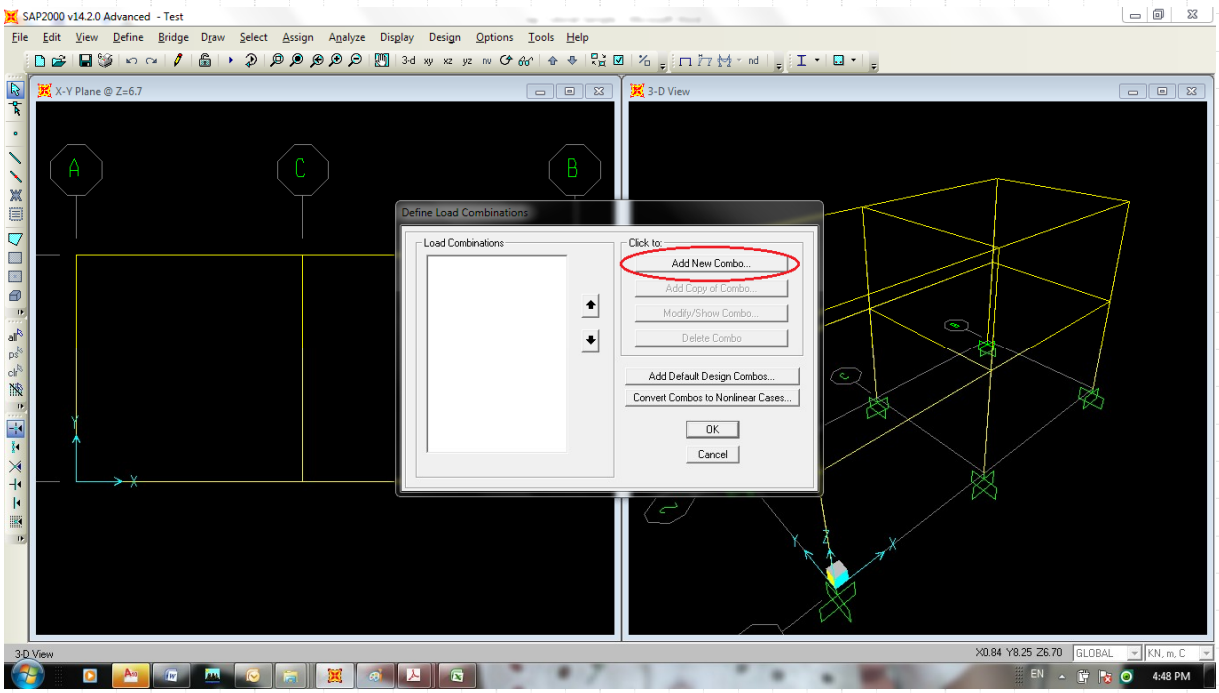
C1	1.25	Dead	+ 1.5	Live		
C2	1	Dead	+ 1.2	Live	+ 1.2	EQx
C3	1	Dead	+ 1.2	Live	+ -1.2	EQx
C4	1	Dead	+ 1.2	Live	+ 1.2	EQy
C5	1	Dead	+ 1.2	Live	+ -1.2	EQy
C6	0.85	Dead	+ 1.2	EQx		
C7	0.85	Dead	+ -1.2	EQx		
C8	0.85	Dead	+ 1.2	EQy		
C9	0.85	Dead	+ -1.2	EQy		
Push C	ترکیب پوش تمامی ترکیبات C1 تا C9					

جهت تعریف ترکیبات بارگذاری از منوی زیر وارد پنجره ی تعریف ترکیبات بارگذاری می شویم.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

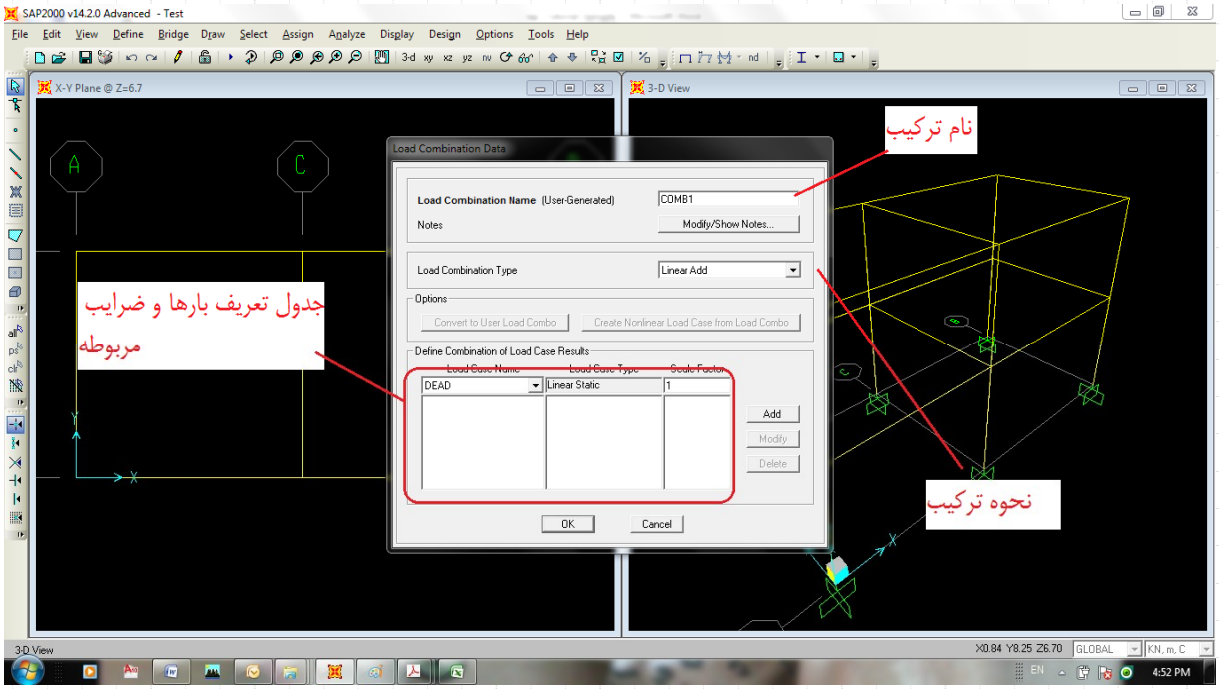


در این پنجره ی گزینه Add New Combo را انتخاب می نماییم.

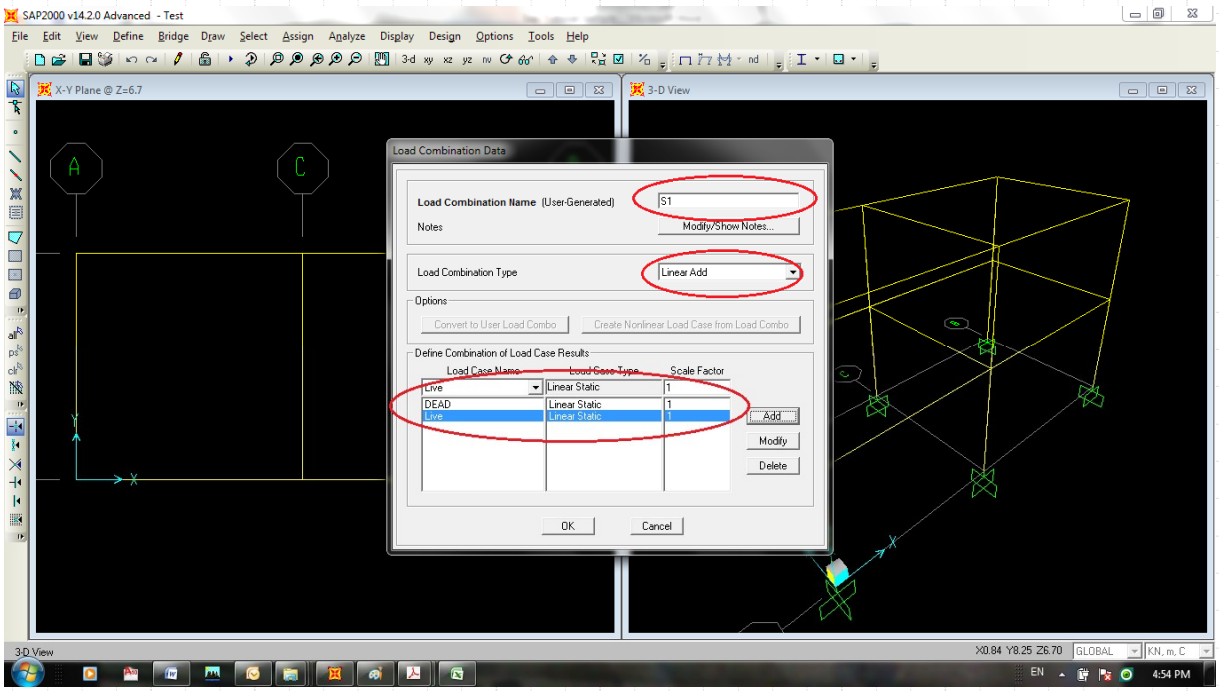


در این زمان پنجره ی زیر ظاهر می شود.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

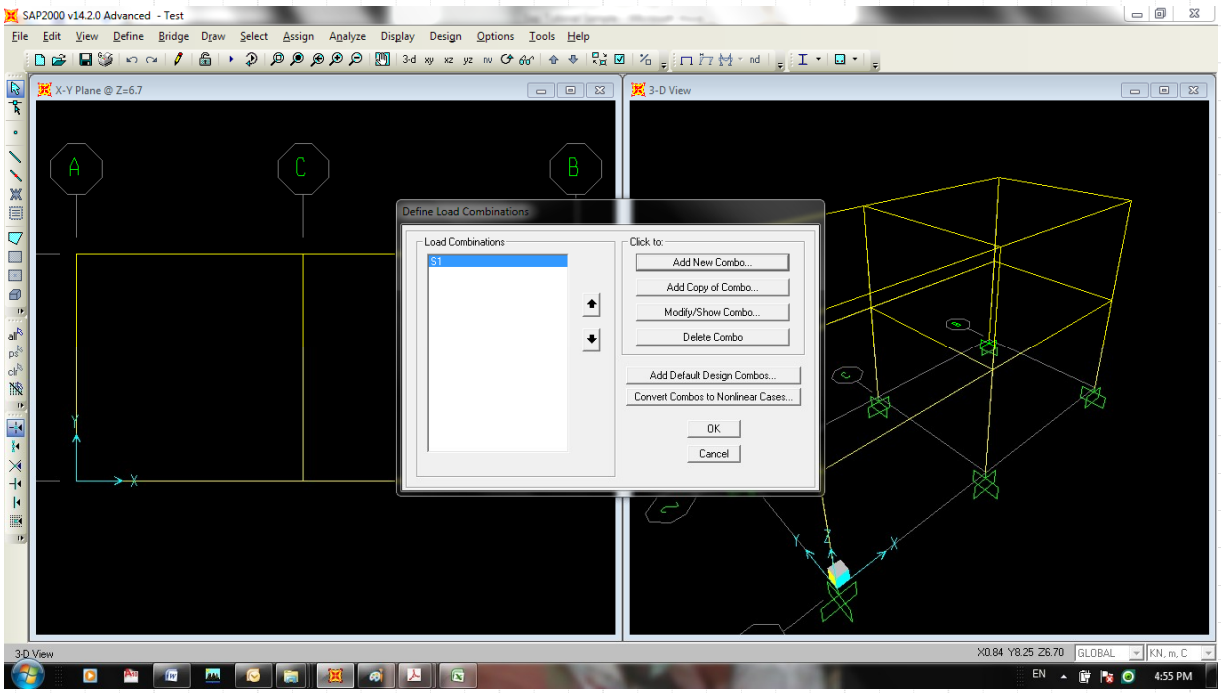


برای ترکیب اول اطلاعات را به صورت زیر وارد می نماییم وگزینه ی OK را انتخاب می نماییم



پنجره ی زیر ظاهر می شود که در آن ترکیب S1 اضافه شده است

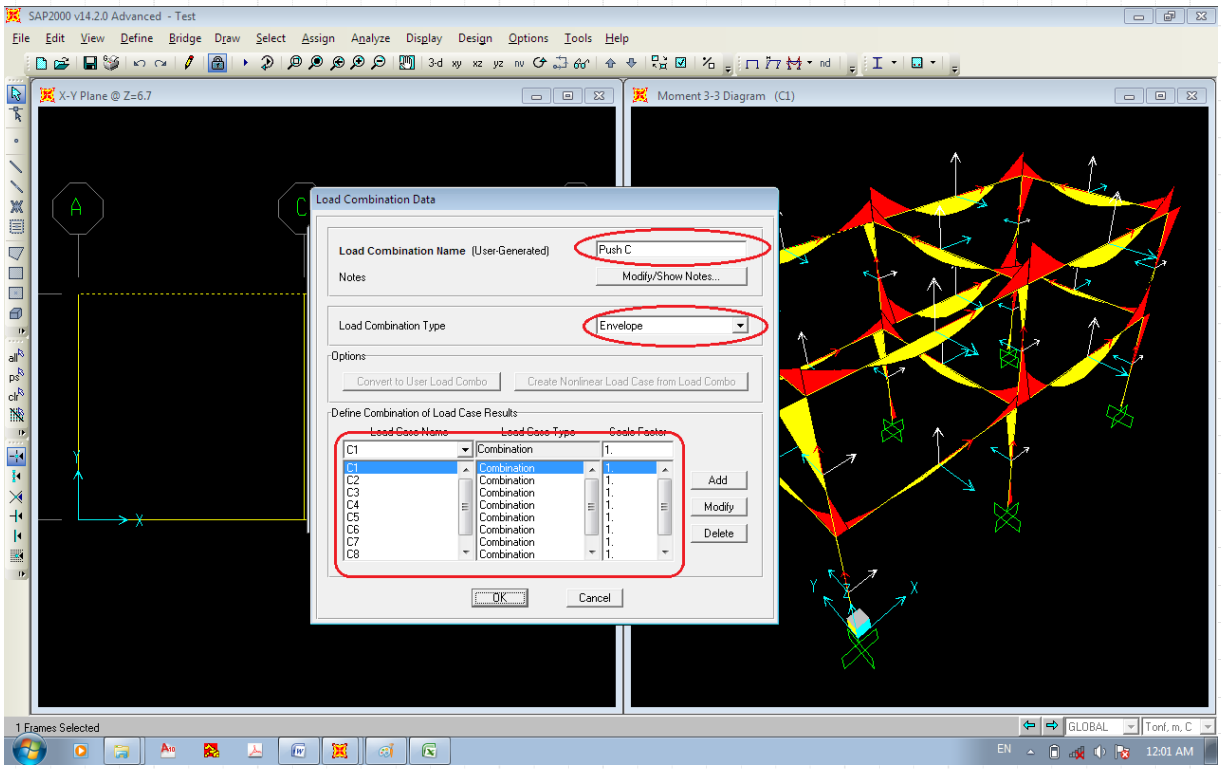
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



به همین ترتیب با انتخاب گزینه ی Add New Combo کلیه ترکیبات بارگذاری اضافه می گردد.

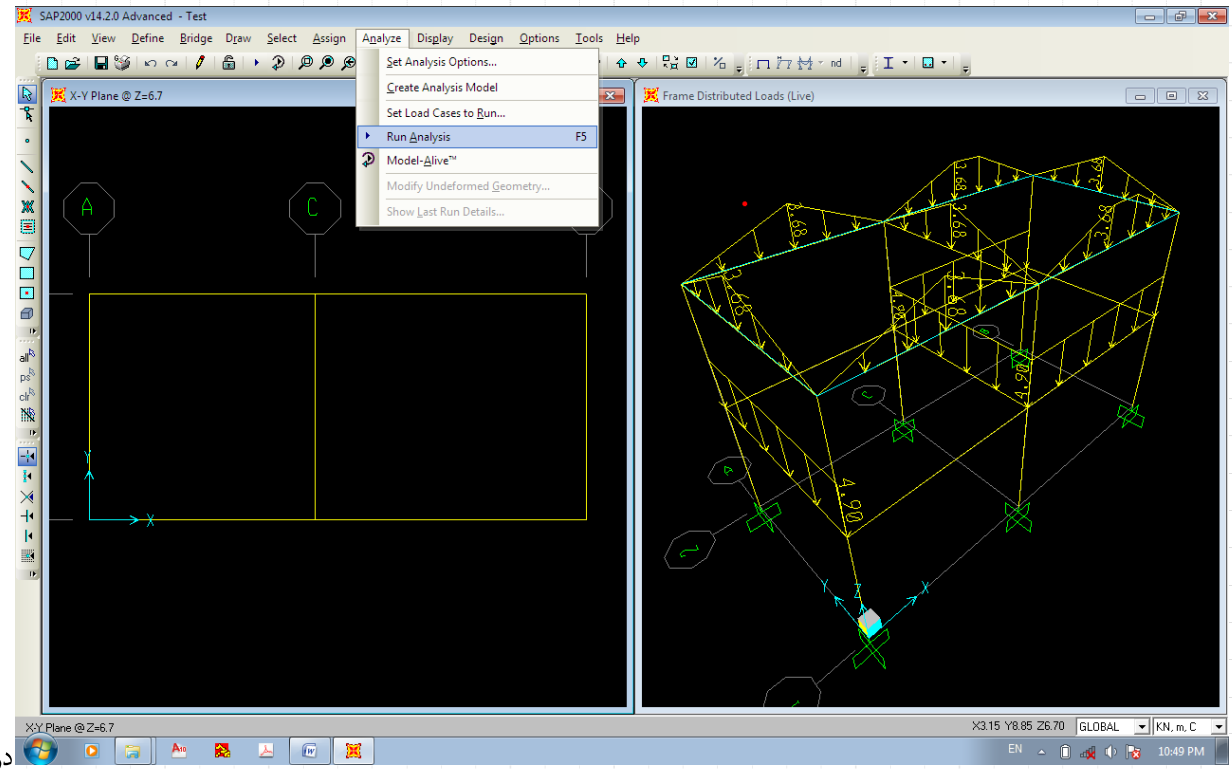
پس از تعریف تمامی ترکیبات می توانیم ترکیب پوش را همانند ترکیبات قبلی تعریف نمود، با این تفاوت که در قسمت نوع بارها، اسامی ترکیبات تعریف شده ی قبلی با ضریب بار یک و در قسمت نحوه ی ترکیب گزینه یEnvelope را انتخاب می نماییم. در شکل زیر جزئیات تعریف Push C نشان داده شده است.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



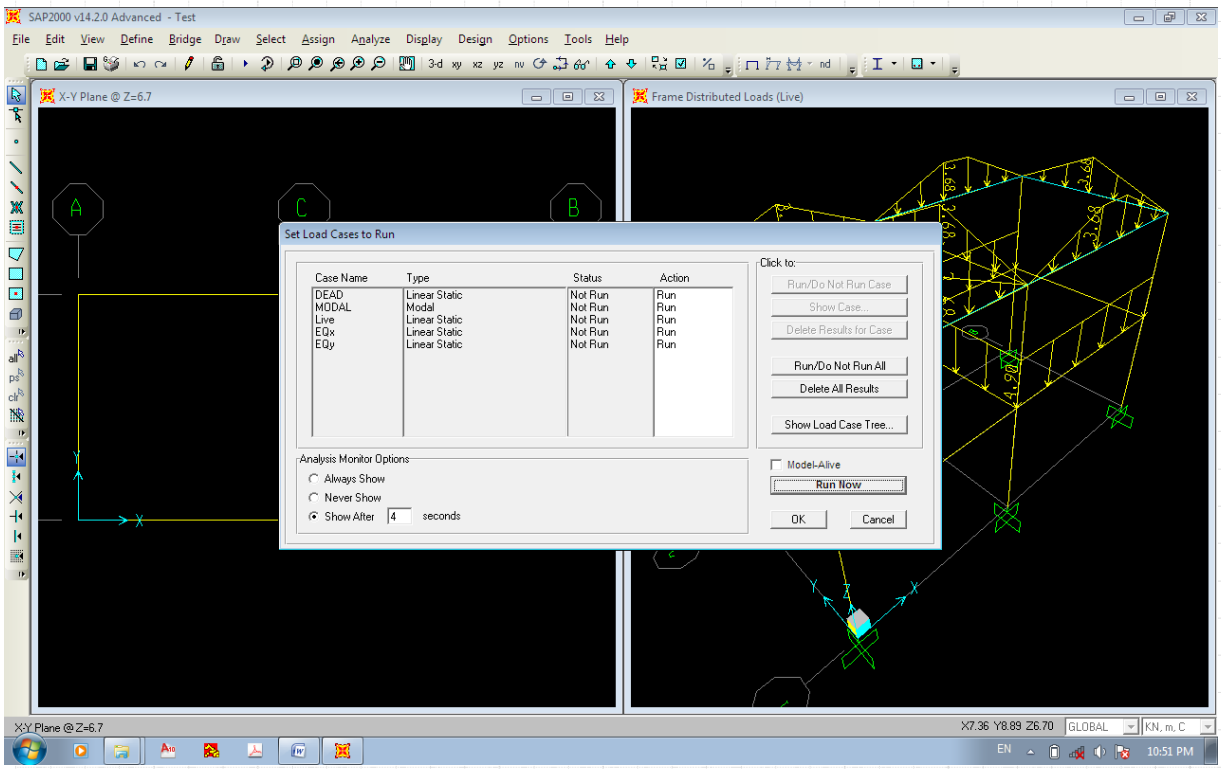
۵-۱۱ انجام تحلیل

در صورتیکه تمام مراحل گذشته را بصورت کامل انجام داده باشید، شما می توانید سازه خود را تحلیل نمایید. برای شروع عملیات تحلیل، یا بایستی به منوی تحلیل که در زیر نشان داده شده است مراجعه نمود. و یا اینکه کلید F5 را از روی صفحه کلید فشرد.



در این

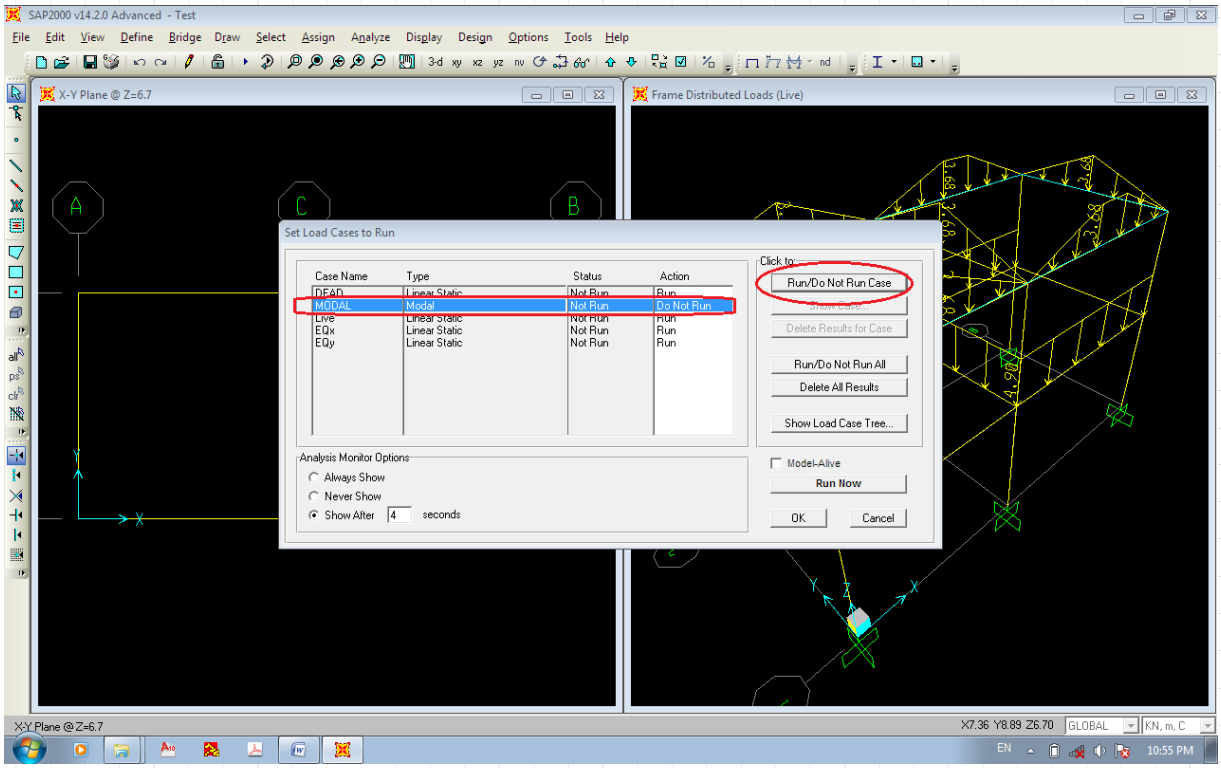
حالت پنجره زیر نمایان می شود



Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

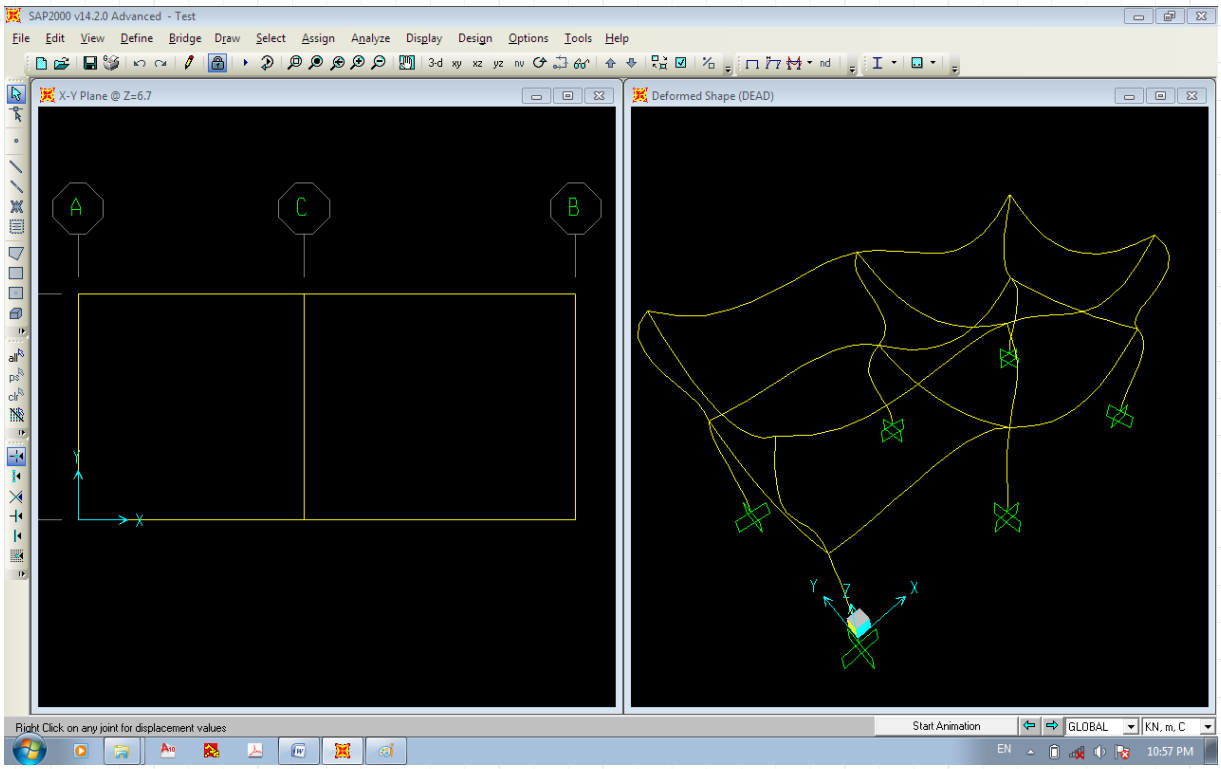
همانگونه که دیده می شود تمامی منابع بار تعریف شده شامل Dead, Live, EQx, EQy در این صفحه به همراه ترکیب MODAL (که برای انجام تحلیل مودال و یافتن مودهای ارتعاشی است) وجود دارد. با انتخاب کردن کلید Run Now عملیات تحلیل آغاز می شود.

البته می توانید تحلیل MODAL را با انتخاب آن در صفحه ی نمایان شده و انتخاب کلید Run/Do not Run Case آن را غیر فعال نمود. این مسئله در شکل زیر نمایش داده شده است.



بعد از پایان یافتن تحلیل، برنامه در یک پنجره، وضعیت کل سازه در حالت تغییر شکل یافته را بعنوان مثال نشان می دهد.

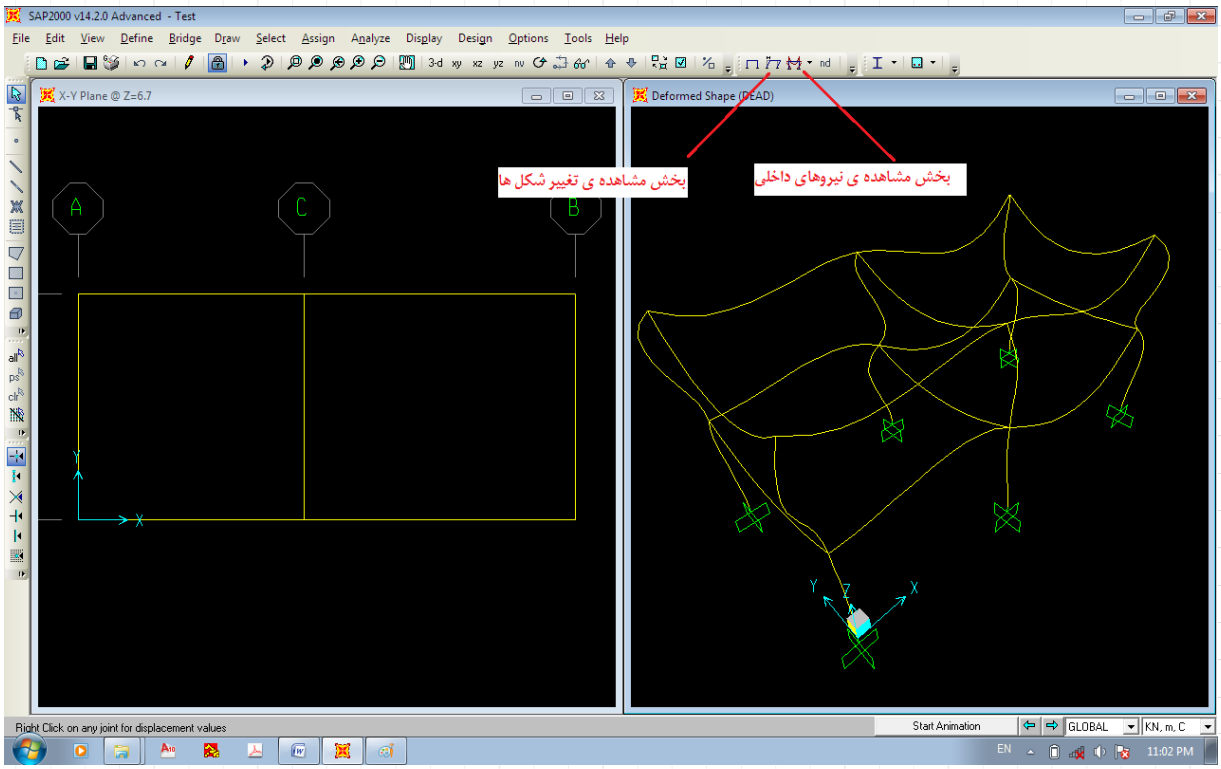
Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



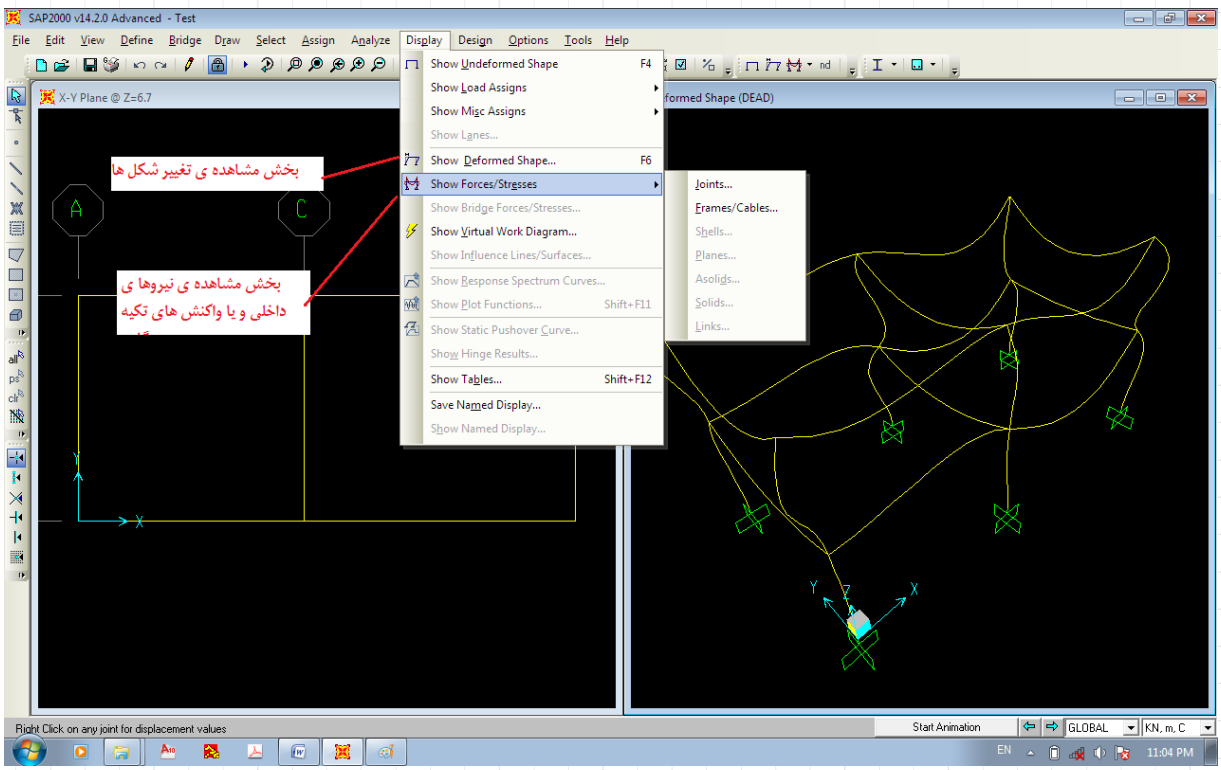
۵-۱۲ مشاهده ی نتایج و گرفتن خروجی

هم اکنون می توان نتایج دلخواه از سازه ی تحلیل یافته را مشاهده نمود. به طول کلی پس از انجام یک تحلیل سازه قادر خواهیم بود تغییر شکل های سازه (Structural Deformation)، نیروی های داخلی (Internal Force) و واکنش های تکیه گاهی را مشاهده نماییم. برای این کار می توان از کلید های نشان داده شده در شکل زیر و یا منوی Display که در شکل بعدی نشان داده شده است استفاده نمود.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

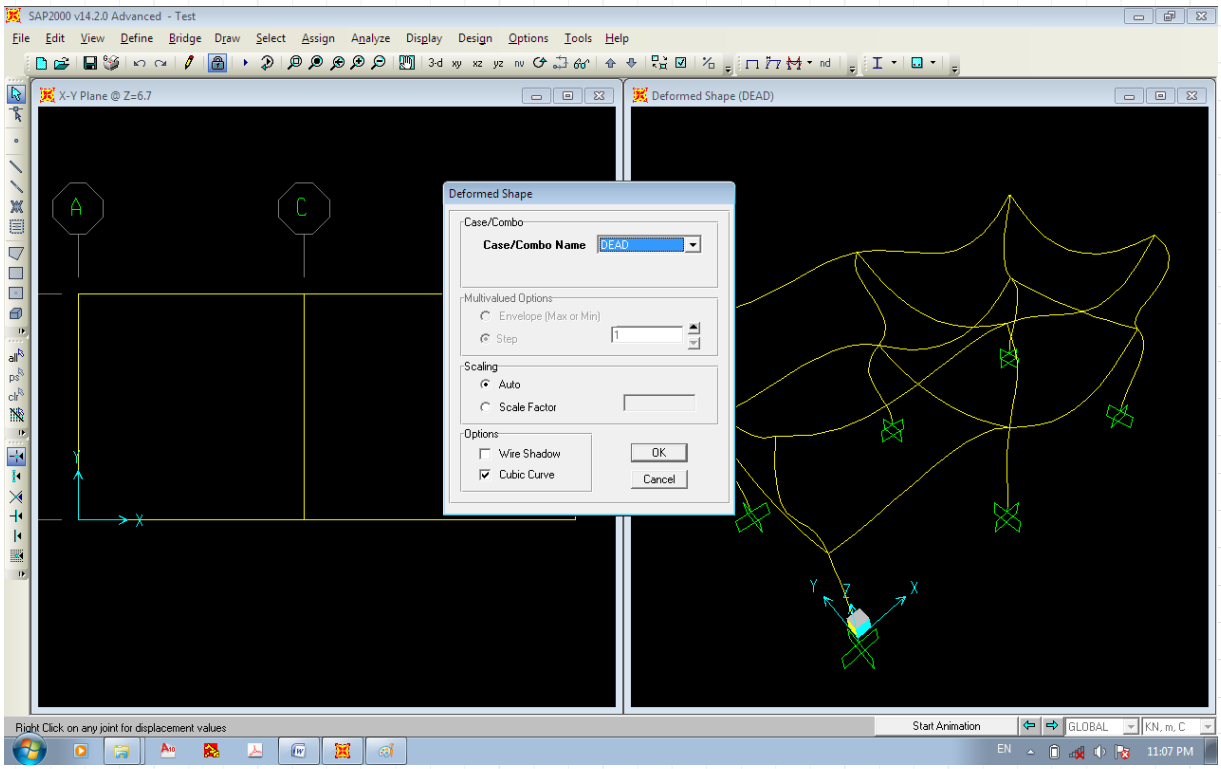


منوی Display جهت مشاهده ی خروجی ها

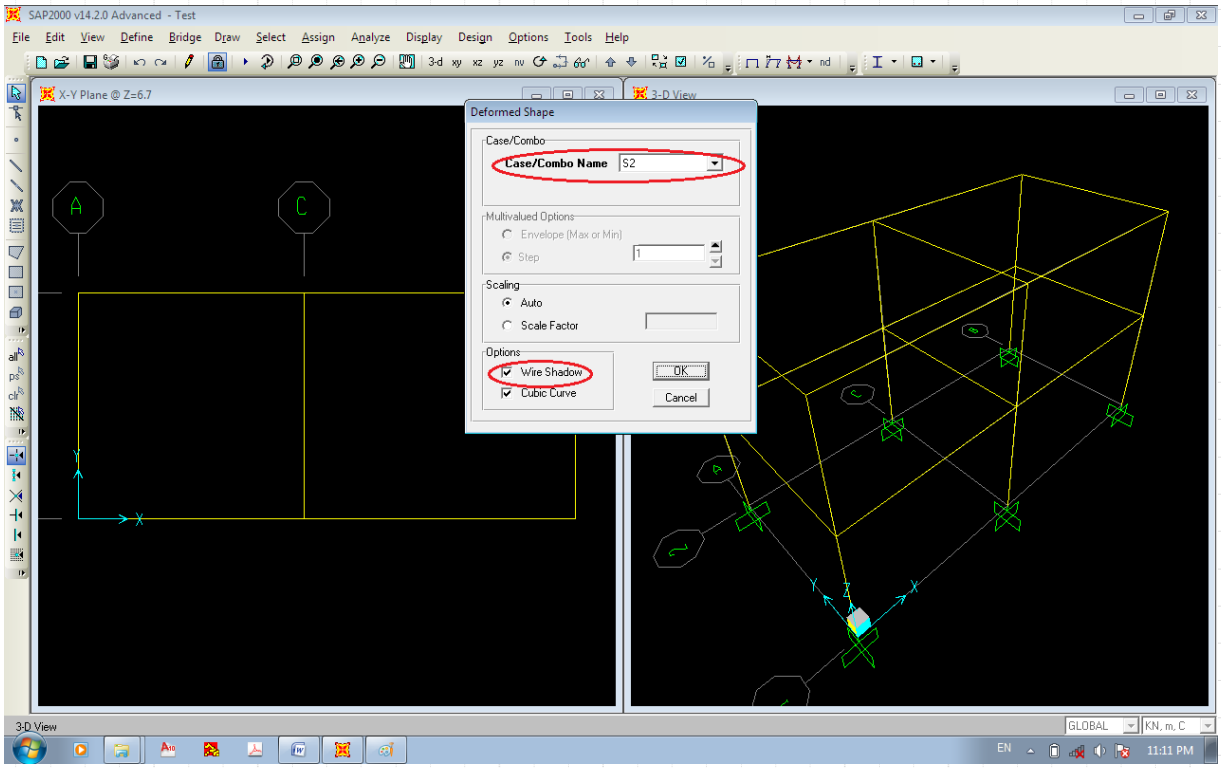


ابتدا وضعیت تغییر شکل ها را مشاهده می نماییم. با انتخاب منوی Display\Show Deform Shape.. پنجره زیر مشاهده می گردد.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

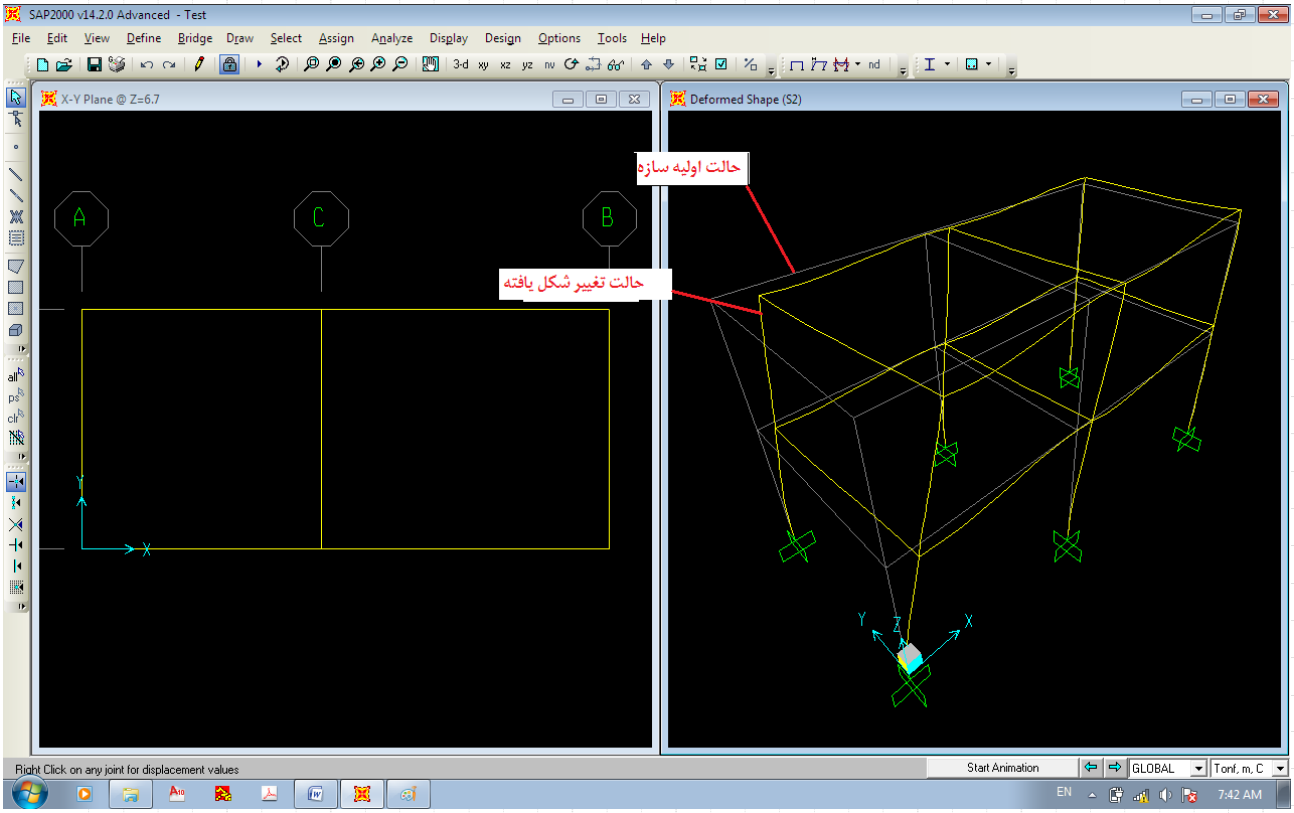


به طور مثال تغییر شکل سازه در ترکیب S2 بصورت زیر انتخاب می شود.

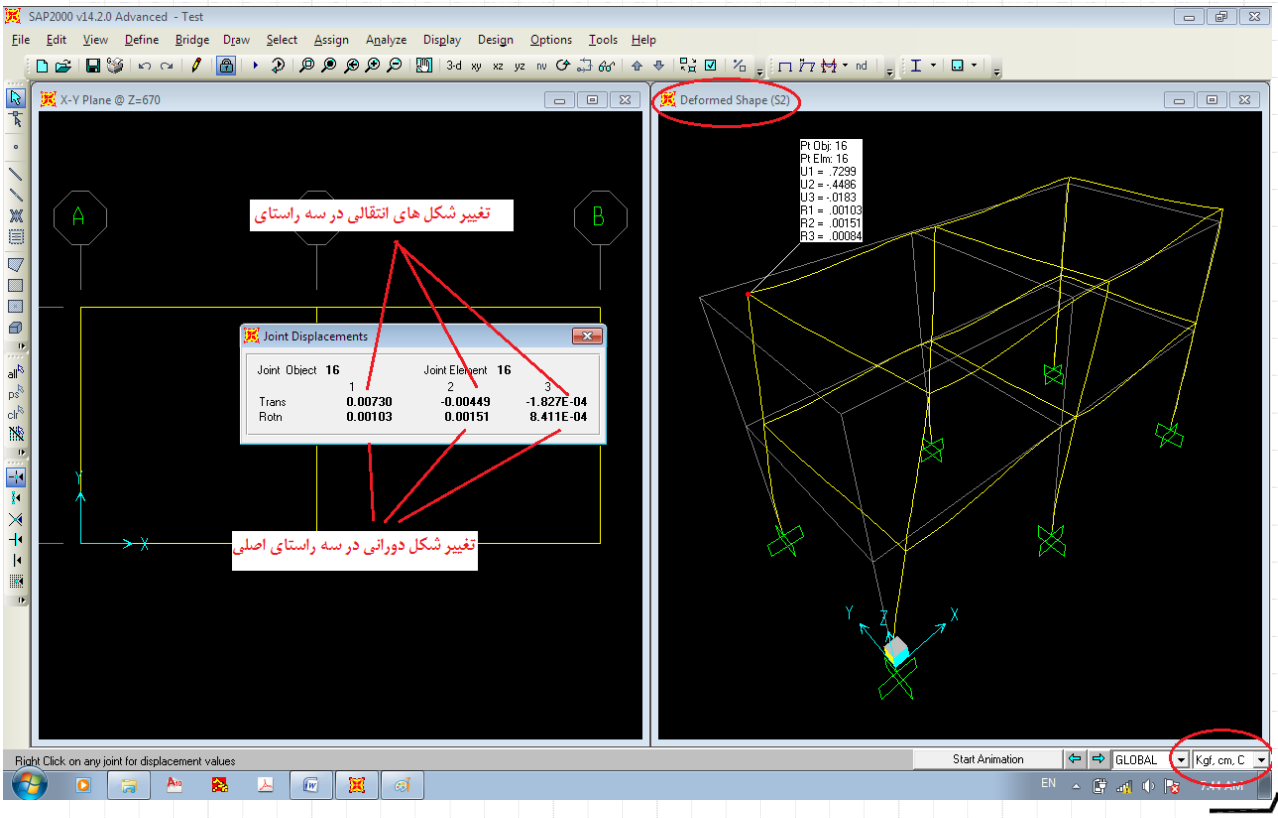


نتیجه حاصل به شرح زیر می باشد.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



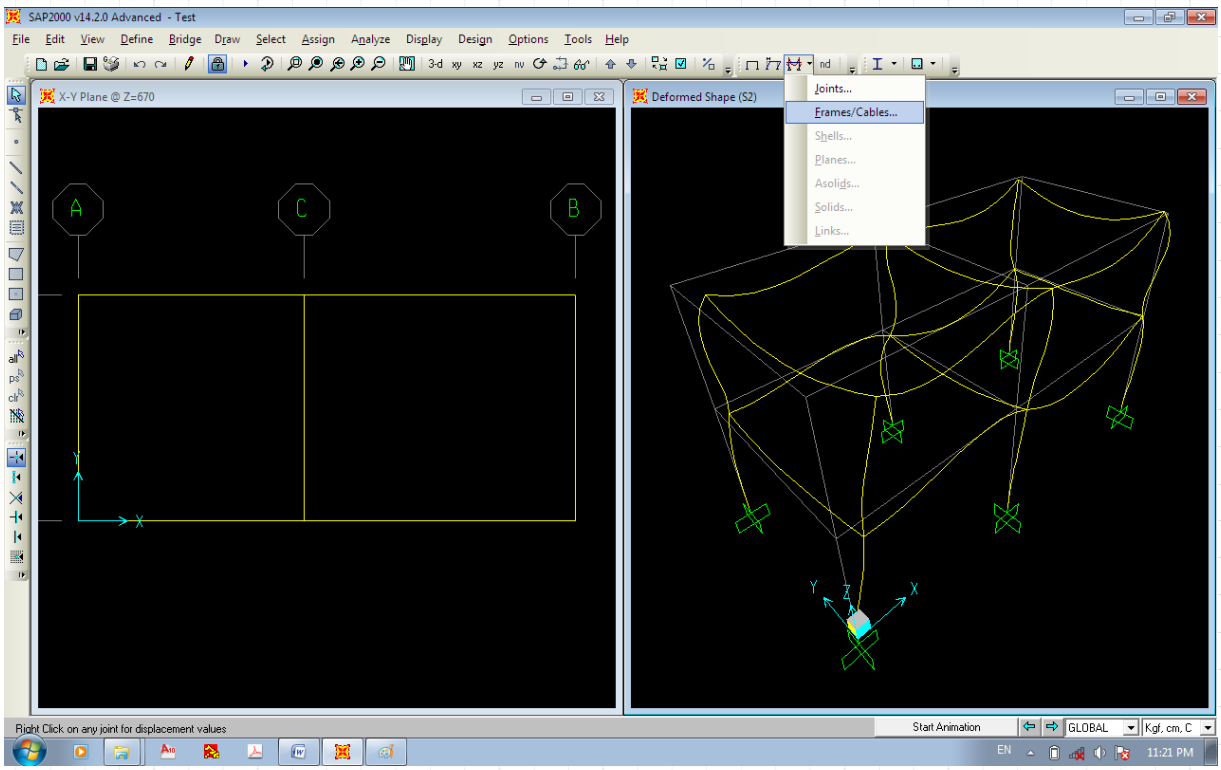
شما می توانید با کلیک راست موس بر روی هر گره از سازه میزان تغییر شکل را همانند شکل زیر مشاهده نمایید



Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

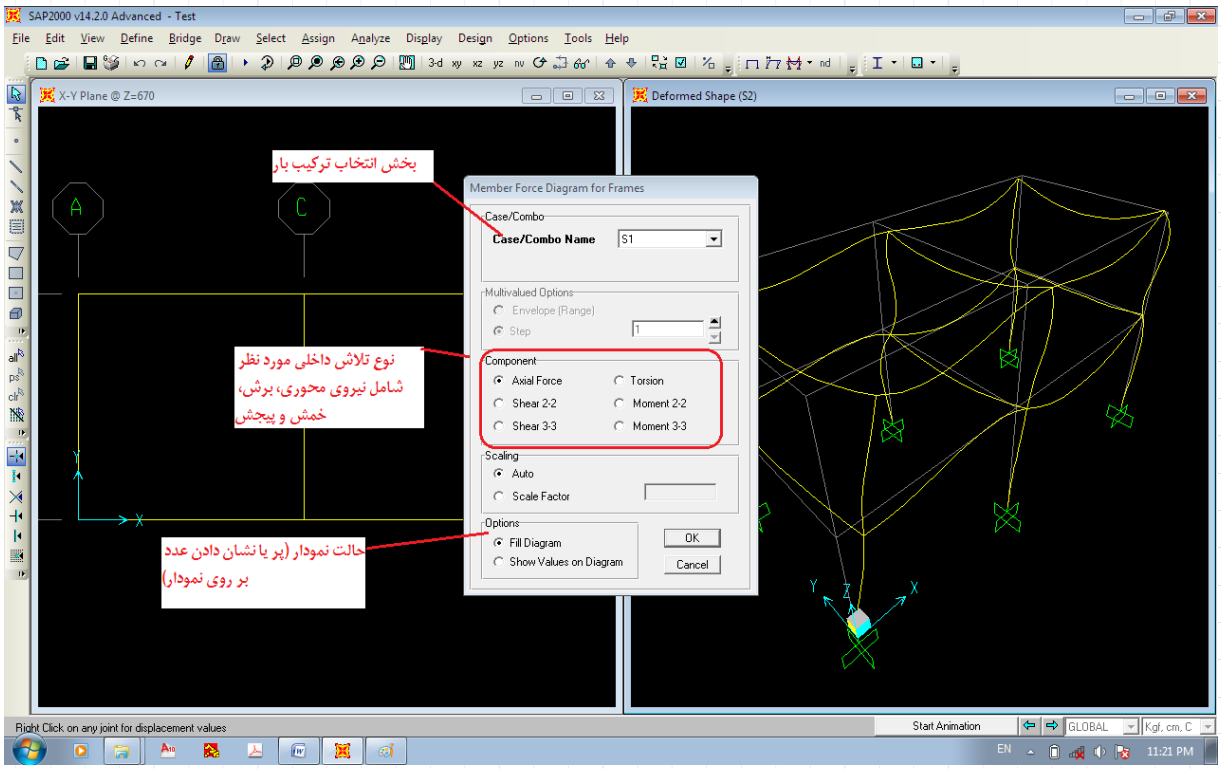
این شکل نشان می دهد گره ی انتخاب شده در این تحلیل دارای تغییر مکان (x=0.00730 cm, y=-.00449, z=-1.827E-4 , θx=0.00103, θy=0.00151, , θz=0.411E-4) در گره ی انتخابی می باشد.

اما نتیجه ی دیگر تحلیل مشاهده ی نیروهای داخلی اعضا می باشد. برای این کار از منوی زیر اقدام می نماییم

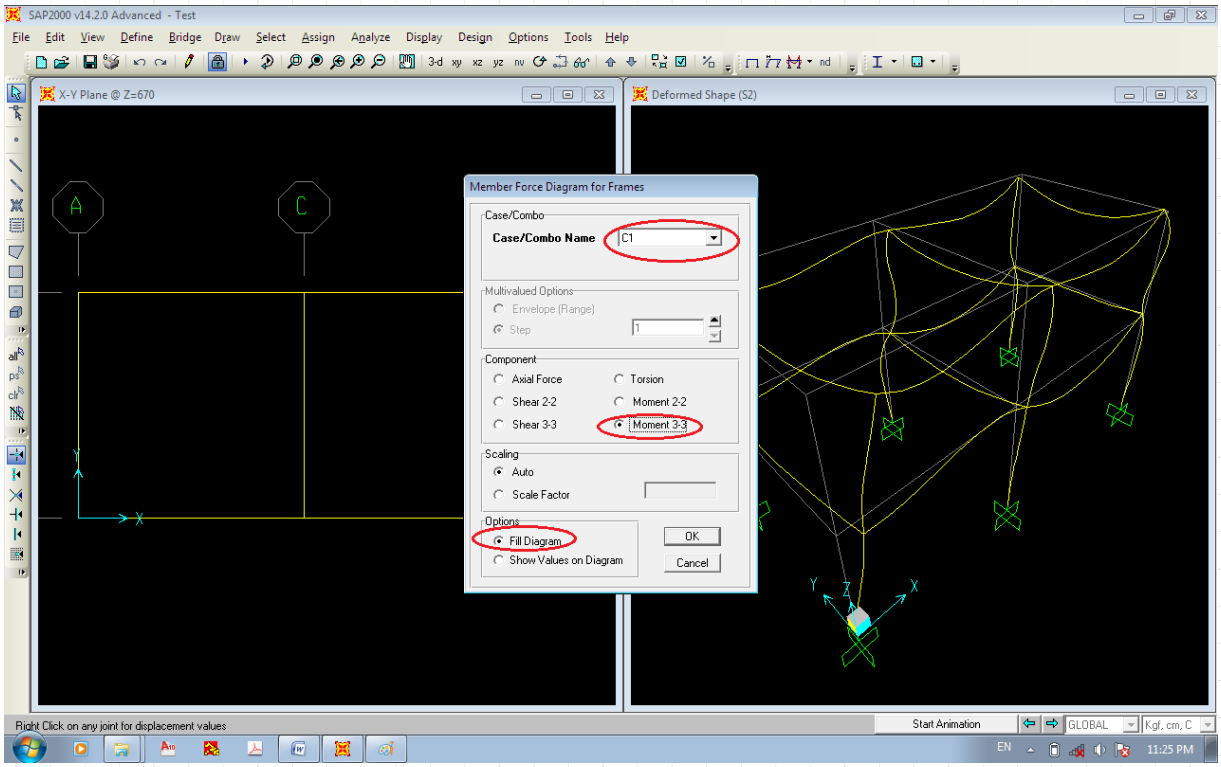


در این حالت پنجره ی زیر دیده می شود

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

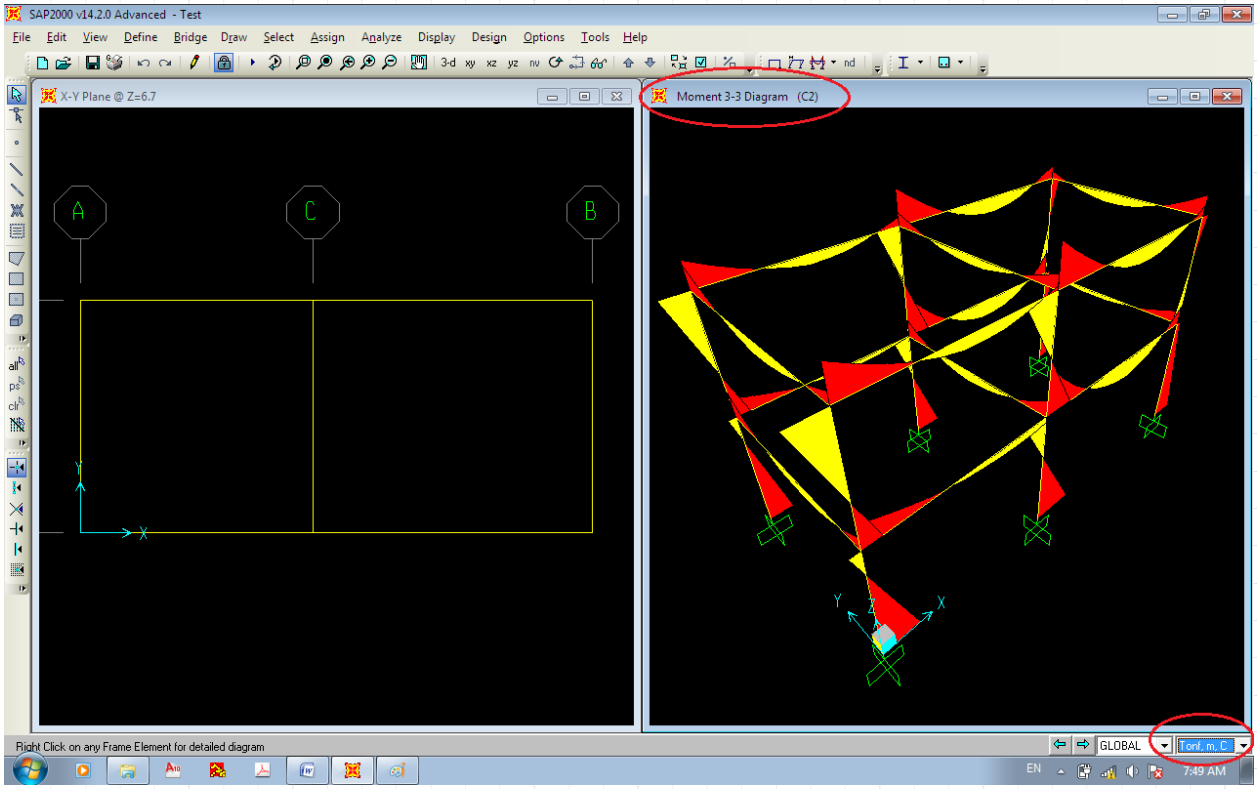


در این مثال خروجی لنگرخمشی در راستای قوی (M3-3) در ترکیب C1 به صورت زیر انتخاب می گردد.

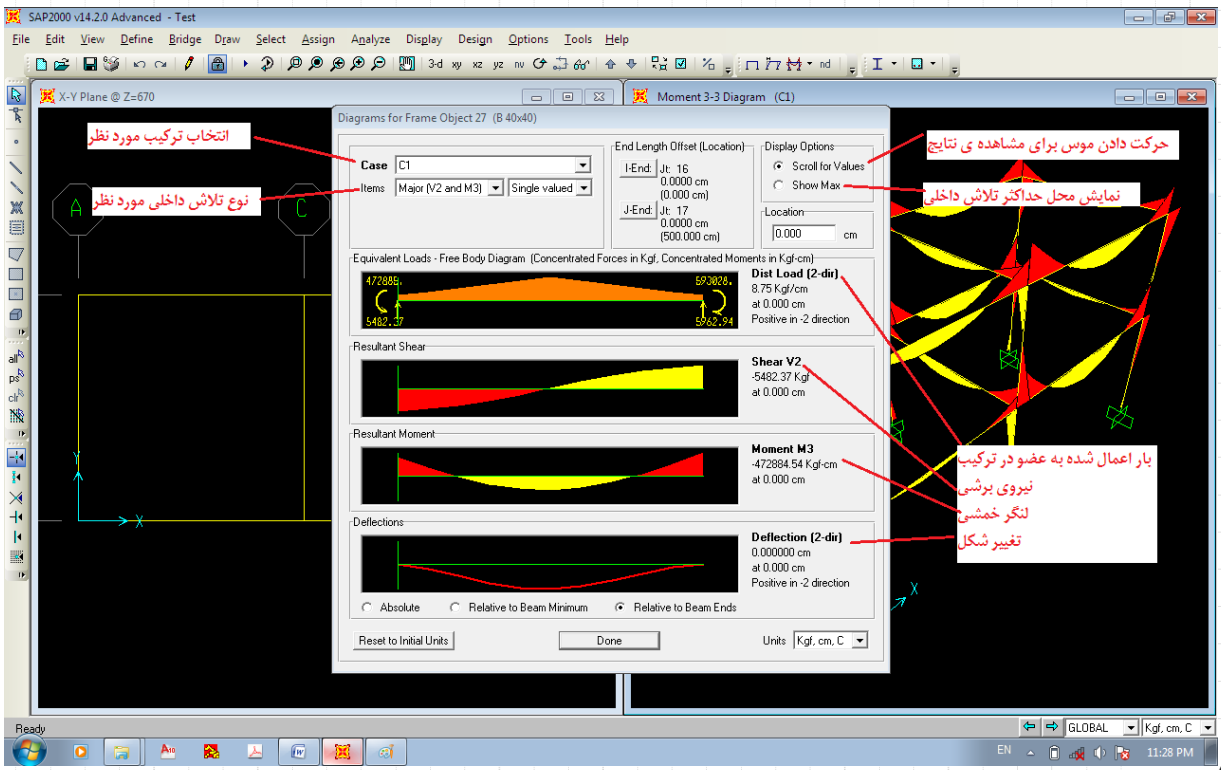


در نتیجه آن وضعیت لنگر داخلی اعضا به صورت زیر نمایش داده خواهد شد

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



اکنون برای مشاهده ی نیروی داخلی عضو می توانیم عضو را با کلیک راست موس انتخاب نماییم تا پنجره ی دیگری که جزئیات نیروی داخلی را نشان می دهد مشاهده نماییم.

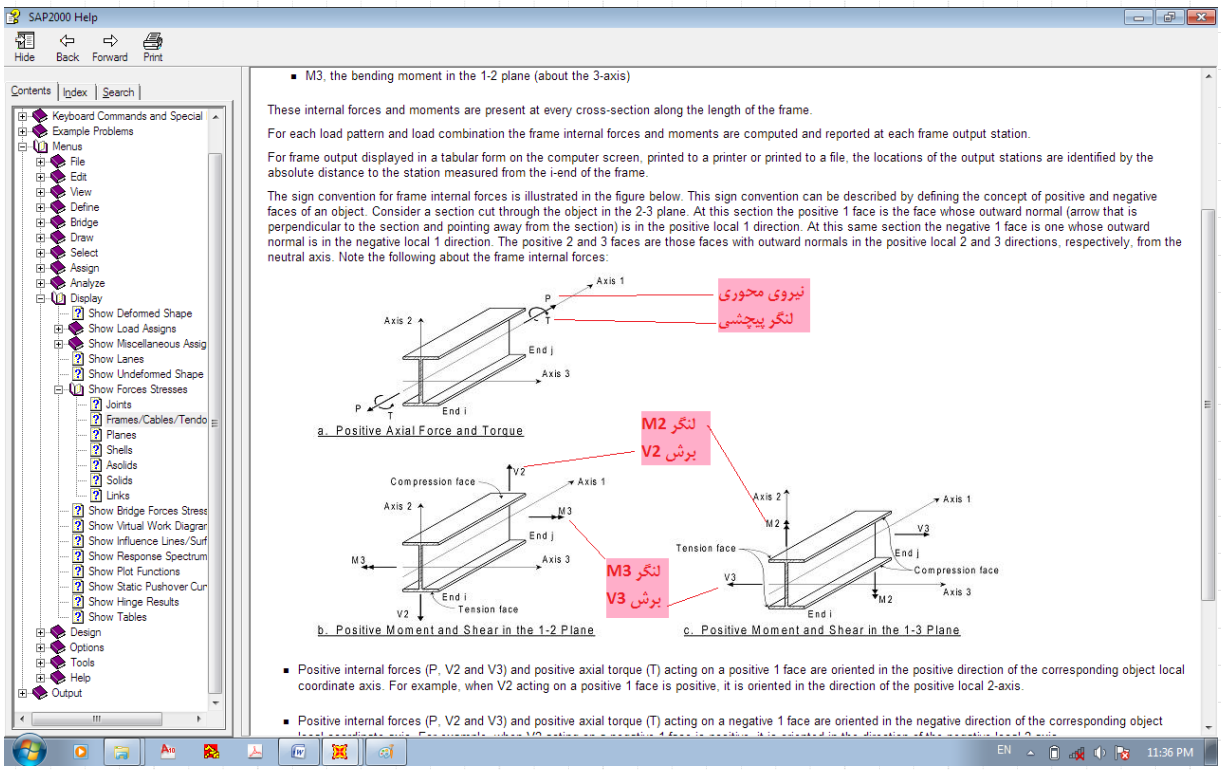


Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

در نظر داشته باشیم خروجی هایی که برنامه تحت عنوان P,V2,V3,M2,M3 نمایش می دهد در واقع نیروهای داخلی عضو است که در شکل زیر بصورت کلی نمایش داده شده است.

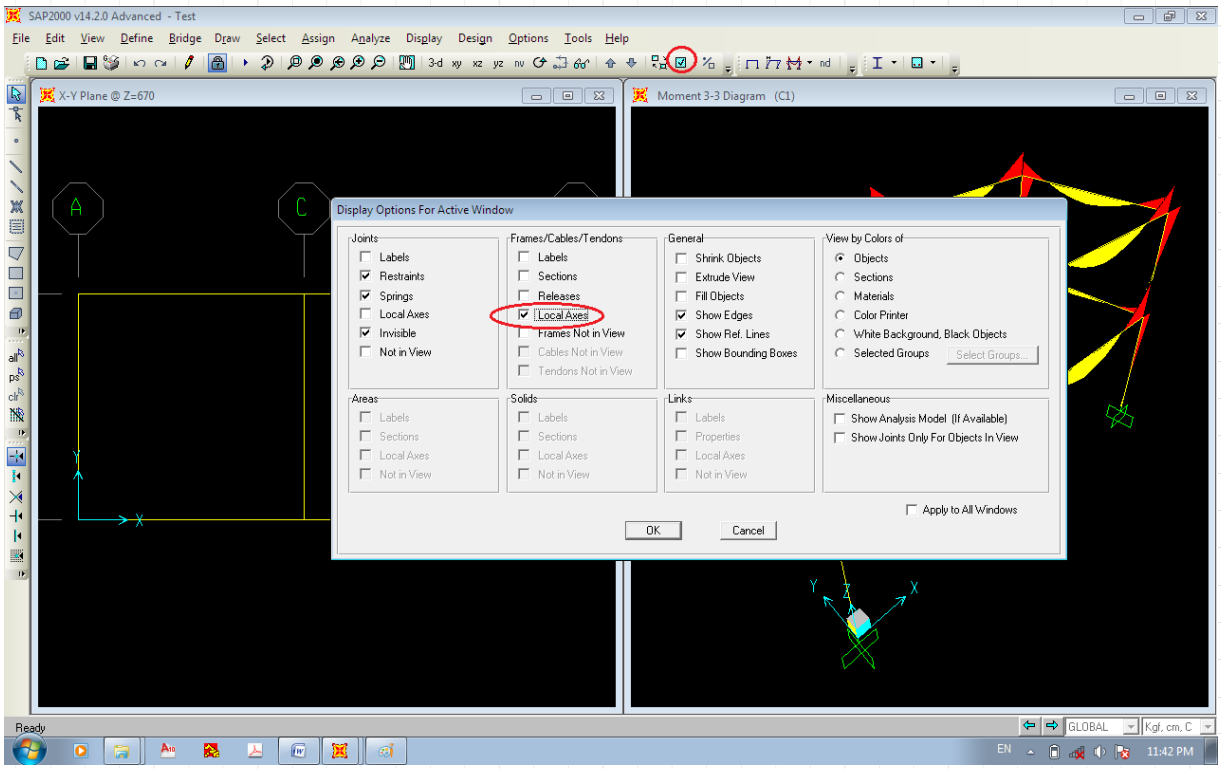
▪ P, the axial force	P نیروی محوری
▪ V2, the shear force in the 1-2 plane	V2 نیروی برشی در صفحه ۱ ۲
▪ V3, the shear force in the 1-3 plane	V3 نیروی برشی در صفحه ۱ ۳
▪ T, the axial torque (about the 1-axis)	T لنگر پیچشی
▪ M2, the bending moment in the 1-3 plane (about the 2-axis)	M2 لنگر خمشی عضو حول محور ۲
▪ M3, the bending moment in the 1-2 plane (about the 3-axis)	M3 لنگر خمشی عضو حول محور ۳

تعریف تلاش های داخلی در عضو

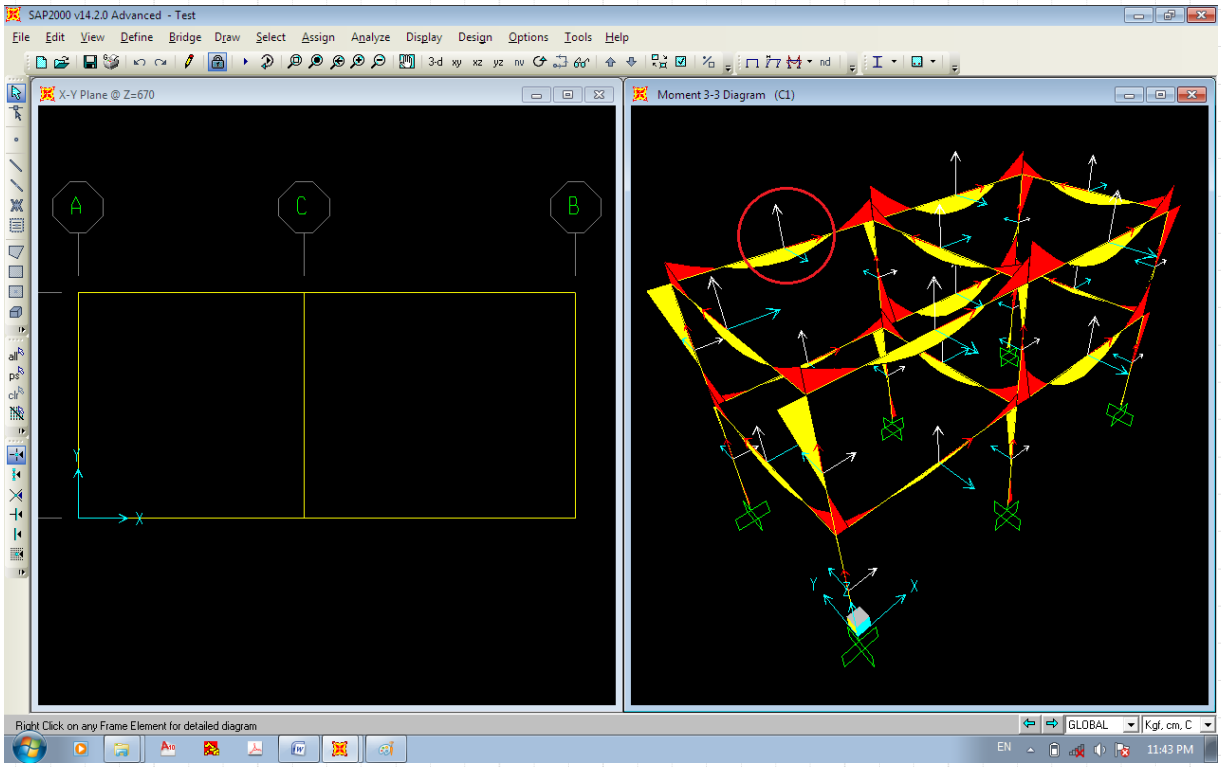


همان طور که در شکل فوق دیده می شود برای درک تلاش های داخلی نیازمند این هستیم که محورهای محلی عضو یعنی محور ۱(Axis 1) ، محور ۲ (Axis 2) و محور ۳ (Axis 3) را که در شکل فوق نشان داده شده است، را شناسائی کنیم. برای این کار در پنجره ی Set Building view Option گزینه های نشان داده شده در شکل زیر را انتخاب می نماییم.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department



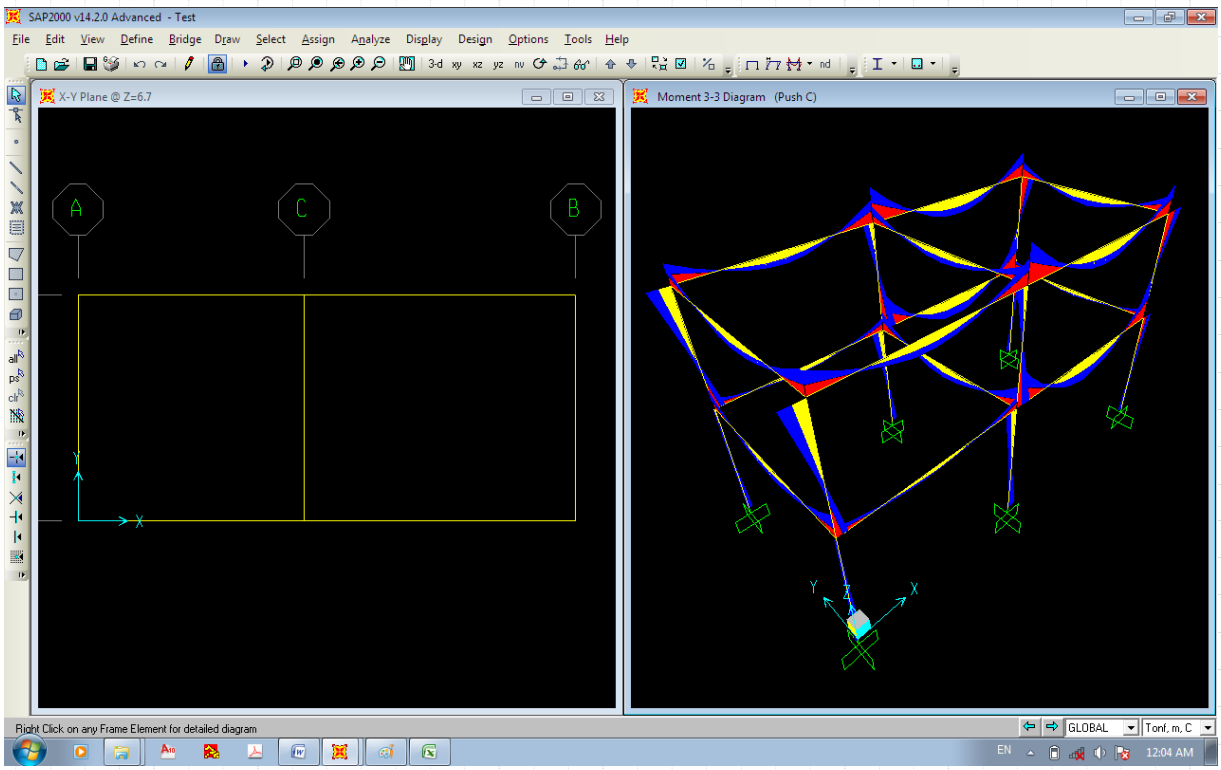
نتیجه آن در شکل زیر نشان داده شده است.



Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

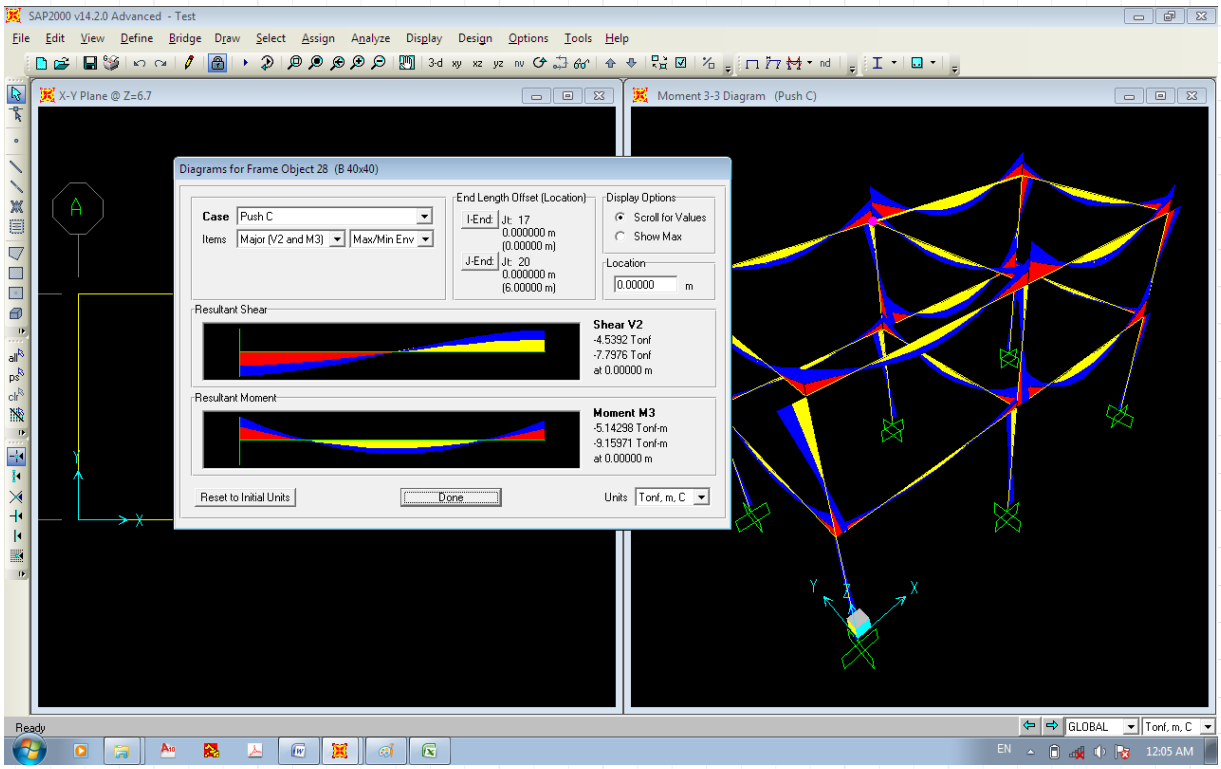
همانگونه که دیده می شود بر روی اعضا سه محور قرمز، سفید و آبی دیده می شود که به ترتیب محور قرمز همان محور ۱، محور سفید همان محور ۲ و محور آبی رنگ محور ۳ می باشد.

در شکل زیر خروجی کلی از نیروهای داخلی اعضا در ترکیب Push C نشان داده شده است.

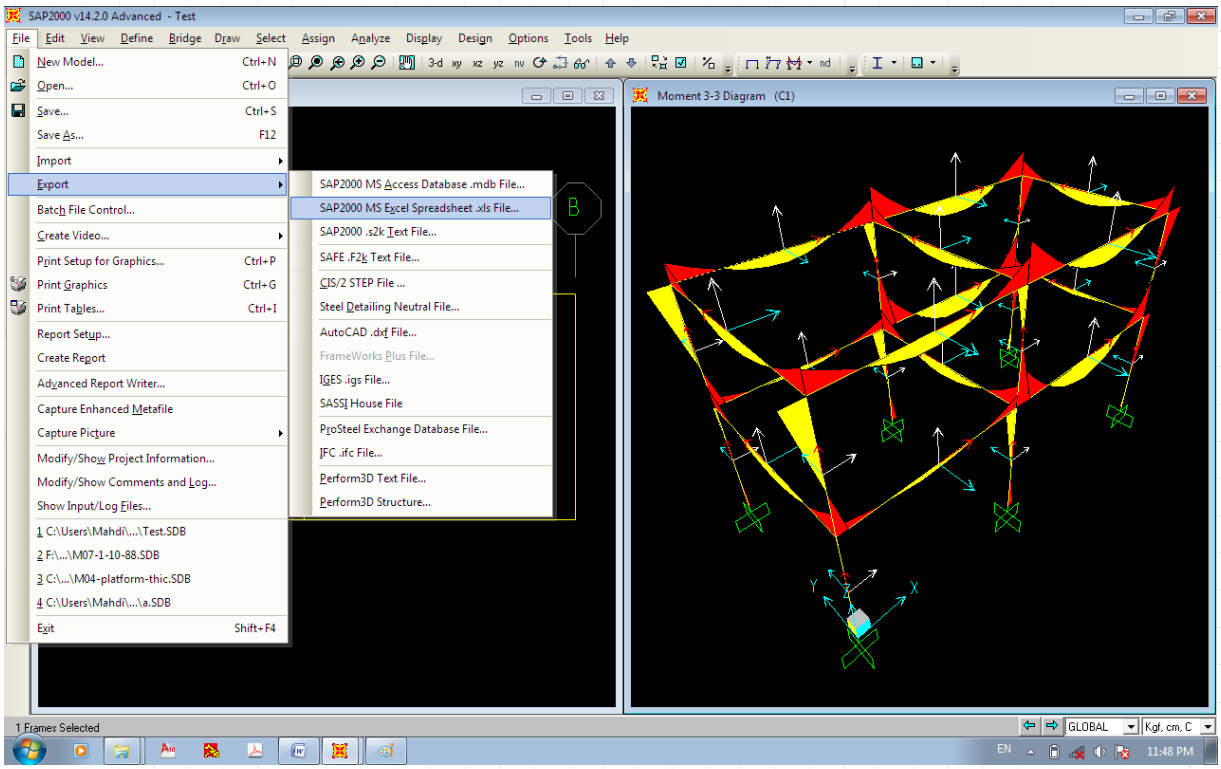


همانگونه که مشاهده می نمایید در این خروجی که نمونه ای از آن برای یک عضو نشان داده شده است، در طول یک عضو بیشینه و کمینه های تمامی ترکیبات C1 تا C9 که در این مثال تعریف شده است را به نمایش می گذارد.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

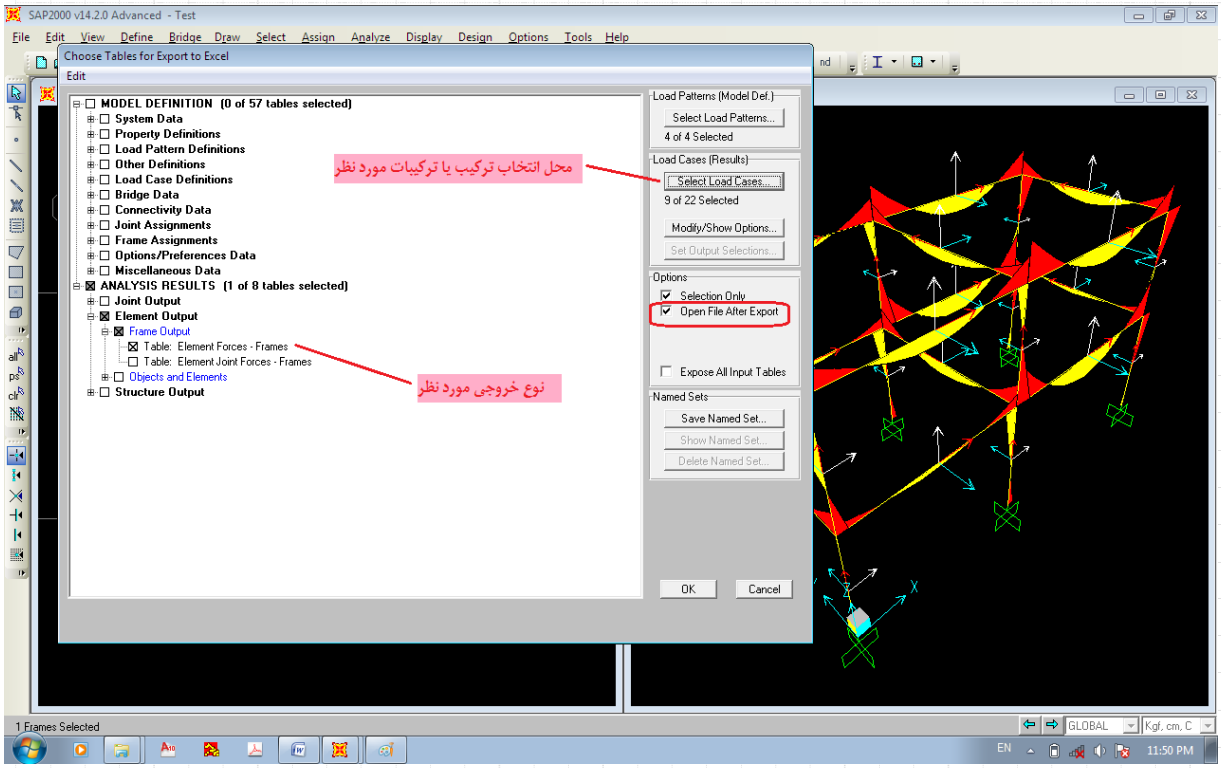


همچنین می توانیم این خروج ها را در فایل Excel برای هر عضو یا اعضا مشاهده نمود. برای اینکار ابتدا عضو یا عضوهای مورد نظر را انتخاب نموده و به منوی زیر مراجعه می نماییم.



Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

در پنجره ظاهر شده زیر نوع خروجی، ترکیب مورد نظر را انتخاب نموده تا برنامه در محلی که شما به آن معرفی می نمایید، خروجی تلاش های داخلی عضو در محل های مختلف را برای شما در فایل Excel ذخیره نماید.



حاصل کار به صورت زیر در فایل Excel ذخیره می گردد.

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department

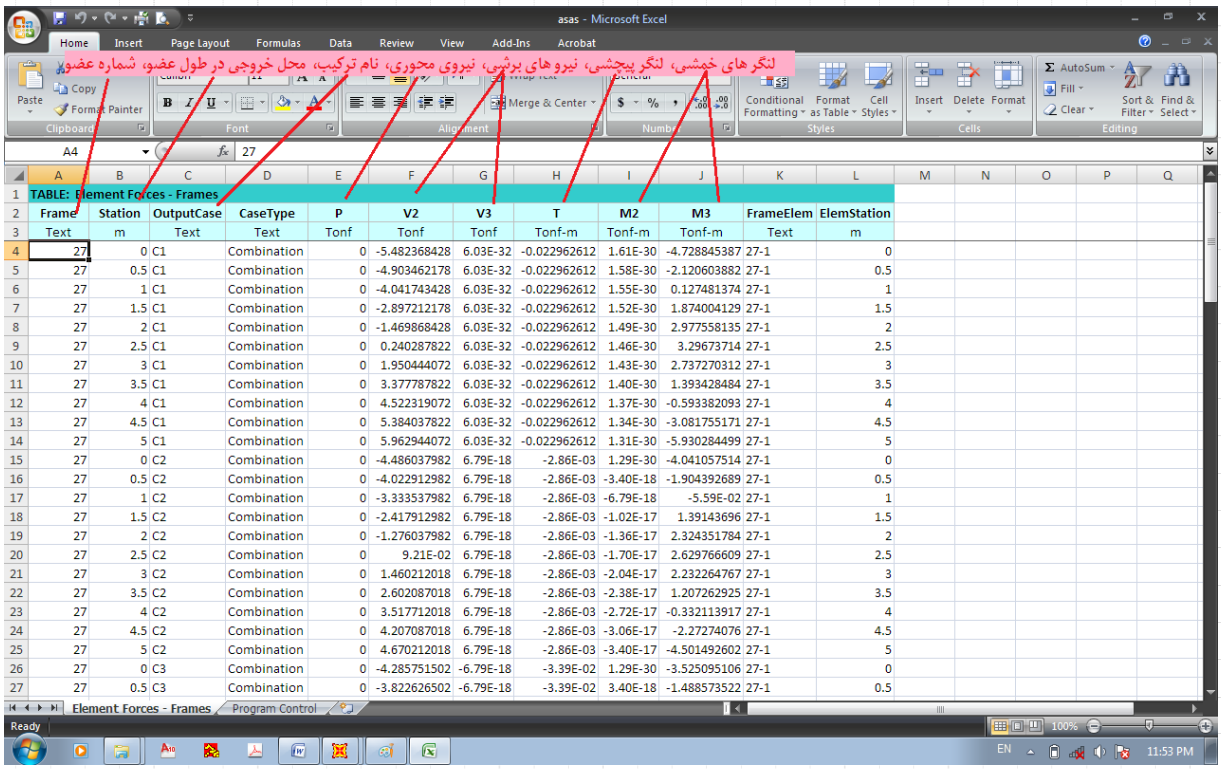


TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Text	m
27	0	C1	Combination	0	-5.482368428	6.03E-32	-0.022962612	1.61E-30	-4.728845387	27-1	0
27	0.5	C1	Combination	0	-4.903462178	6.03E-32	-0.022962612	1.58E-30	-2.120603882	27-1	0.5
27	1	C1	Combination	0	-4.041743428	6.03E-32	-0.022962612	1.55E-30	0.127481374	27-1	1
27	1.5	C1	Combination	0	-2.897212178	6.03E-32	-0.022962612	1.52E-30	1.874004129	27-1	1.5
27	2	C1	Combination	0	-1.469868428	6.03E-32	-0.022962612	1.49E-30	2.977558135	27-1	2
27	2.5	C1	Combination	0	0.240287822	6.03E-32	-0.022962612	1.46E-30	3.29673714	27-1	2.5
27	3	C1	Combination	0	1.950444072	6.03E-32	-0.022962612	1.43E-30	2.737270312	27-1	3
27	3.5	C1	Combination	0	3.377787822	6.03E-32	-0.022962612	1.40E-30	1.393428484	27-1	3.5
27	4	C1	Combination	0	4.522319072	6.03E-32	-0.022962612	1.37E-30	-0.593382093	27-1	4
27	4.5	C1	Combination	0	5.384037822	6.03E-32	-0.022962612	1.34E-30	-3.081755171	27-1	4.5
27	5	C1	Combination	0	5.962944072	6.03E-32	-0.022962612	1.31E-30	-5.930284499	27-1	5
27	0	C2	Combination	0	-4.486037982	6.79E-18	-2.86E-03	1.29E-30	-4.041057514	27-1	0
27	0.5	C2	Combination	0	-4.022912982	6.79E-18	-2.86E-03	-3.40E-18	-1.904392689	27-1	0.5
27	1	C2	Combination	0	-3.333537982	6.79E-18	-2.86E-03	-6.79E-18	-5.59E-02	27-1	1
27	1.5	C2	Combination	0	-2.417912982	6.79E-18	-2.86E-03	-1.02E-17	1.39143696	27-1	1.5
27	2	C2	Combination	0	-1.276037982	6.79E-18	-2.86E-03	-1.36E-17	2.324351784	27-1	2
27	2.5	C2	Combination	0	9.21E-02	6.79E-18	-2.86E-03	-1.70E-17	2.629766609	27-1	2.5
27	3	C2	Combination	0	1.460212018	6.79E-18	-2.86E-03	-2.04E-17	2.232264767	27-1	3
27	3.5	C2	Combination	0	2.602087018	6.79E-18	-2.86E-03	-2.38E-17	1.207262925	27-1	3.5
27	4	C2	Combination	0	3.517712018	6.79E-18	-2.86E-03	-2.72E-17	-0.332113917	27-1	4
27	4.5	C2	Combination	0	4.207087018	6.79E-18	-2.86E-03	-3.06E-17	-2.27274076	27-1	4.5
27	5	C2	Combination	0	4.670212018	6.79E-18	-2.86E-03	-3.40E-17	-4.501492602	27-1	5
27	0	C3	Combination	0	-4.285751502	-6.79E-18	-3.39E-02	1.29E-30	-3.525095106	27-1	0
27	0.5	C3	Combination	0	-3.822626502	-6.79E-18	-3.39E-02	3.40E-18	-1.488573522	27-1	0.5

Mahdi Sharifi
University of Qom
Faculty Member of Civil Engineering Department