

جزوه آموزشی **مقدماتی** و پیشرفته نرم افزار کد باز OpenSees

Open System for Earthquake Engineering Simulation

مجتبی اصغری سرخی

مرداد ۹۰

mojtaba808@yahoo.com

در این جزوه پس از مروری کلی قابلیت های متمایز کننده Opensees با سایر نرم افزار ها به شرح همراه با مثال کلیه دستورات متداول و کاربردی OpenSees از منوال نرم افزار پرداخته می شود. نحوه اجرا و برنامه نویسی با زبان TCL در TCL Editor اشاره می شود و برای تعریف گره ها در سازه های بلند و حجیم مثل سازه های فضاکار روش ساده تری از طریق ایمپورت مشخصات گره ها بسیار سریع و راحت از خروجی SAP ETABS , و انتقال مختصات گره ها به فایل متنی OpenSees معرفی می شود سپس به بررسی روابط سازگاری (penalty Approach) از قبیل نحوه مقید کردن گره ها در اتصالات مهاربندی و اتصالات مفصلی تیر به ستون ، در نظر گرفتن سقف صلب یا تیر صلب به طور کامل اشاره می شود. انواع مصالح و المان های خطی و غیر خطی برای آنالیز غیر الاستیک و مقاطع مورد استفاده معمول و ویژگی هریک مورد و تعریف مقاطع پر کاربرد به صورت تابع و استفاده سریع از آن بررسی قرار میگیرد و روش های آنالیز و تنظیمات مربوط به آنالیز های استاتیکی و دینامیکی خطی و غیر خطی در دستورات متنی Opensees به طور کامل اشاره می شود. سپس تئوری آنالیز نیوتن رافسون در تعیین منحنی پوش اور به طور کامل اشاره می شود و در انتها انواع نرم افزار های Pre&Post Processing (مثل Navigator , OpenseesPL , OSP, GID) که برای استفاده در کارهای دانشگاهی استفاده می شود معرفی می گردد و نحوه لینک کردن آنالیز در OpenSees با نرم افزار پر کاربرد Matlab شرح داده می شود و در انتها هم مثالی به پیوست به صورت گام به گام جهت تکمیل موارد توضیح داده شده از منوال نرم افزار مطرح شده و ضمن بیان کد های لازم برای نوشتن برنامه نحوه لینک کردن دستورات با برنامه matlab بیان می شود.

فهرست :

- مروری بر قابلیت های انواع نرم افزارهای اجزای محدود
- آشنایی با OpenSees ، راهنمای نرم افزار Help ، امکانات نرم افزار OpenSees ، راه اندازی نرم افزار OpenSees
- بررسی عملکرد تحلیل در نرم افزار OpenSees
- روش های نمایش و برنامه نویسی در OpenSees ، برنامه نویسی با زبان TCL
- نحوه مدل سازی و تعریف گره ها در OpenSees (از طریق ایمپرت مختصات گره ها از SAP)

- معرفی انواع مصالح UniaxialMaterial ، تعریف مقطع Section Command ، انواع المان ها Element Command
- خصوصیات هندسی Geometric Trans Formation
- بارگذاری های استاتیکی و دینامیکی خطی و غیر خطی Pattern Load
- دستورات مورد نیاز برای آنالیز سازه Analysis Objects
- تعیین فرکانس ارتعاشی سازه با استفاده از Eigen Command
- منحنی پوش اور و تعیین سختی و تغییر مکان غیر خطی سازه از الگوریتم نیوتن رافسون در OpenSees
- انواع خروجی ها در نرم افزار OpenSees
- نحوه لینک کردن نرم افزار OpenSees با Matlab
- آشنایی و نحوه کار با نرم افزار های Pre or Post processing
- OPS (OpenSees Post Processing) ، OpenSees Navigator ، OpenSees PL ، OpenSees PL و GID
- پیوست مثال (کد دستوری آنالیز پوش اور قاب پورتال) - حل با Matlab , Opensees Tcl

برای دریافت جزوه پیشرفته ۷۰ صفحه ای آموزش OpenSees به همراه:

- اطلاعات کامل از انواع نسخه های TCL Editor ، OpenSees ، نرم افزار های Pre & Post processing مثل OSP و Navigator و فیلم آموزشی لاتین کار با Navigator
 - جزوات آموزشی لاتین و فارسی و مثال ها و منوال راهنمای لاتین OpenSees
 - فیلم آموزشی لاتین از نرم افزار TCI Editor از Dr.Silvia Mazzoni
 - انواع مثال های سازه ای از نرم افزار OpenSees و انواع مقاطع آماده با پسوند tcl برای استفاده در انواع دستورات
 - + آخرین نسخه از سایر نرم افزار های اجزای محدود Perform3D v.5 و فیلم های لاتین آموزشی مرتبط با آنالیز پوش اور در نرم افزار های CSI و - Seismo Signal&Struct - IDRAC-DRAIN - EZ Frisk-Shake2000 , nonlin-Bispec
 - و سایر نرم افزار های آکادمیک تحلیل غیر خطی و اجزای محدود و اطلاعات مرتبط با آنها
- در 1DVD با عنوان آپدیت شده مجموعه ۵-۱۱ فعلی و به قیمت ۵۰ هزار تومان به وبسایت سازه ۸۰۸ مراجعه نمایید:

www.Saze808.com

برای کسب اطلاعات بیشتر به سازه ۸۰۸ ایمیل بزنید:

Saze808@gmail.com

۱- مروری بر قابلیت های انواع نرم افزارهای اجزای محدود:

- CSI نرم افزاری بیشتر تجاری است که اگرچه تا حدی ملاک آن آنالیز اجزای محدود میباشد اما بیشتر تجاری است تا دانشگاهی. برای مثال در تحلیل غیر خطی به جای استفاده از منحنی تنش کرنش مصالح از روابط پیشنهادی Fema برای اختصاص رفتار غیر خطی عضو به سازه استفاده می کند. از نرم افزار های CSI استفاده فراوانی می شود که بیشتر به جهت گرافیک قوی و محیط کاربر پسند آن می باشد
- IDARC نرم افزاری راحت و کم حجم بدون هیچگونه قابلیت ترسیم گرافیکی و به صورت تماما متنی میباشد که به خصوص برای آنالیز سازه های بتن آرمه بسیار مناسب میباشد.
- PERFORM نرم افزار آپدیت شده از نرم افزار Drain است که توسط جناب پروفیسور پاول تولید و گسترش یافته است و در سال های اخیر به صورت نسخه گرافیکی و کاربر پسند با لحاظ الزامات بهسازی لرزه ای Fema تحت کمپانی CSI ارائه شده است و منحنی های رفتاری و شاخص های آیین نامه Fema برای ارزیابی خسارت و بهسازی جهت مقاوم سازی را در اختیار مهندس قرار می دهد. مهمترین اشکال این نرم افزا این است که در مقیاس گلوبال به کار می رود و برای مثال برای بررسی جزئی اجزای سازه چندان کارا نیست.
- Abaquse , Ansys دو نرم افزار قدرتمند تجاری در زمینه اجزای محدود میباشدند که البته برای استفاده در مقالات علمی مشکل ساز میباشدند چراکه نیاز به استفاده از نسخه اصلی و البته بسیار گران قیمت آن میباشد.
- OpenSees نرم افزار کد باز و رایگانست که در صورت استفاده در مقالات بدون مشکل میباشد و آخرین نسخه های آنرا به صورت آنلاین و کاملا رایگان می توان دانلود کرد:

<http://peer.berkeley.edu/products/openssees.html>

<http://openssees.berkeley.edu/index.php>



همچنین قابلیت هایی از قبیل المان Nonlinear BeamColumn و یا خاصیت هندسی Corotational از مواردیست که آنرا از سایر نرم افزار ها مجزا کرده است. سرعت پردازش اطلاعات در Opensees بسیار زیاد میباشد و حجم کمی از Ram کامپیوترتان را اشغال می کند. پشتیبانی از این نرم افزار در فروم سایت و زیر نظر اساتید و برنامه نویسان این نرم افزار بسیار سریع و راحت برای هر کاربر امکانپذیر میباشد:

<http://opensees.berkeley.edu/community/index.php>

| topic | topics | posts | last post |
|---|--------|-------|--|
| OpenSees User Chats Forum for OpenSees users to post questions, comments, etc. on the use of the OpenSees interpreter, OpenSees.exe Moderators: siva, Moderator | 4329 | 15503 | by kagahunga ۱۲ Thu Aug 11, 2011 10:03 pm |
| Soil Modeling A forum dedicated to users with questions regarding soil materials and elements. Moderators: siva, Moderator | 223 | 438 | by vincentorbes ۱۲ Thu Aug 11, 2011 9:23 pm |
| Framework For developers writing C++, Fortran, Java, code who have questions or comments to make. Moderators: siva, Moderator | 603 | 2074 | by kagahunga ۱۲ Thu Aug 11, 2011 10:04 pm |
| Parallel Processing This forum is for issues related to parallel processing and OpenSees using the new interpreters OpenSeesMP and OpenSeesMP | 96 | 344 | by kagahunga ۱۲ Thu Aug 11, 2011 10:01 pm |
| Useful Scripts If you have a script you think might be useful to others post it here, hopefully we will be able to get the most useful of these incorporated in the manuals. Moderators: siva, Moderator | 73 | 205 | by siva ۱۲ Thu Aug 11, 2011 8:48 pm |
| Documentation For posts concerning the documentation, errors, omissions, general comments, etc. Moderators: siva, Moderator | 207 | 552 | by kagahunga ۱۲ Thu Aug 11, 2011 10:03 pm |
| Feature Requests/Future Directions A forum dedicated to feature requests and the future direction of OpenSees, i.e. what would you like, what do you need, what should we explore? Moderators: siva, Moderator | 83 | 196 | by siva ۱۲ Thu Aug 11, 2011 8:48 pm |

۲- آشنایی با OpenSees

نرم افزار opensees با استفاده از روش اجزا محدود به تحلیل انواع سازه ها می پردازد. این نرم افزار توسط زبان برنامه نویسی C# تولید شده است که زبان برنامه نویسی کاربران در آن با زبان TCL/TK است که قابلیت گسترش و تولید انواع مقاطع سازه ای و غیرسازه ای در خصوص تحلیل را داراست که کاربر میتواند توسط این روش به اصل سیستم نرم افزاری راه داشته باشد و میتواند توسط نوشتار هندسه مدل، بارگذاری، ساختار کمی، مواد استفاده شده و روش آنالیز را تعریف کند. این نرم افزار توسط اعضای واحد تحقیقاتی NEES وابسته به دانشگاه برکلی کالیفرنیا تهیه و پخش شده است که در این خصوص هیچ شرکت و کمپانی دخیل نمی باشد و این هیأت هیچ ضمانتی در خصوص نتایج حاصل از آنالیز ارائه نداده است. هدف از تهیه نرم افزار opensees پیشبرد هر چه بیشتر تحقیقات می باشد که دانشگاه های جهان روزانه با آن درگیر هستند. زبان برنامه نویسی TCL از یک سری رشته ها تشکیل شده است که ویژگی های زیر را می توان در آن تعریف کرد:

- متغیرها و جایگزینی مقادیر آنها
- انجام محاسبات و نمایش آنها
- استفاده از روابط شرطی (for each, if, while, for)
- روش های تحلیل

- ساختن دستی فایل بصورت تایپ آن

در نهایت برای استفاده بهینه از زبان برنامه نویسی TCL، باید این زبان برنامه نویسی با روش اجزا محدود همگرا شود که طبقه بندی زیر پس از این همگرا شدن به دست خواهد آمد:

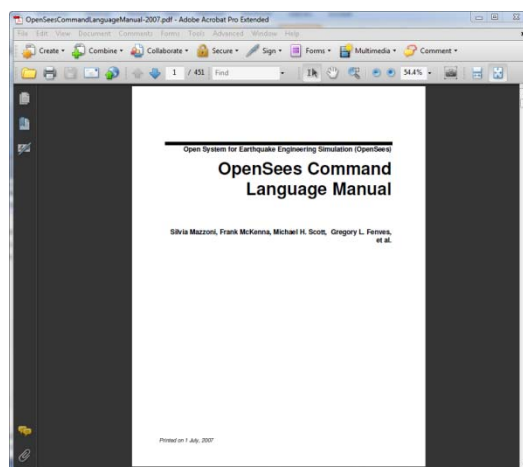
- مدلسازی (modeling): تعریف گره ها، تعریف المان ها، تعریف بارگذاری و همسازی ها.
- آنالیز (analysis): مشخص کردن روش آنالیز
- خروجی های (output specification): انتخاب خروجی هایی که لازم است پس از انجام عملیات آنالیز نمایش داده شوند.

در Opensees واحد خاصی برای تعریف اعداد وجود ندارد شما واحد را از اول یک مقدار تعیین می کنیم و مقادیر را بر حسب واحد اختیاری وارد می کنیم و تا انتها تمامی نتایج بر اساس واحد های داده شده خروجی داده می شود.

۳- راهنمای نرم افزار Help

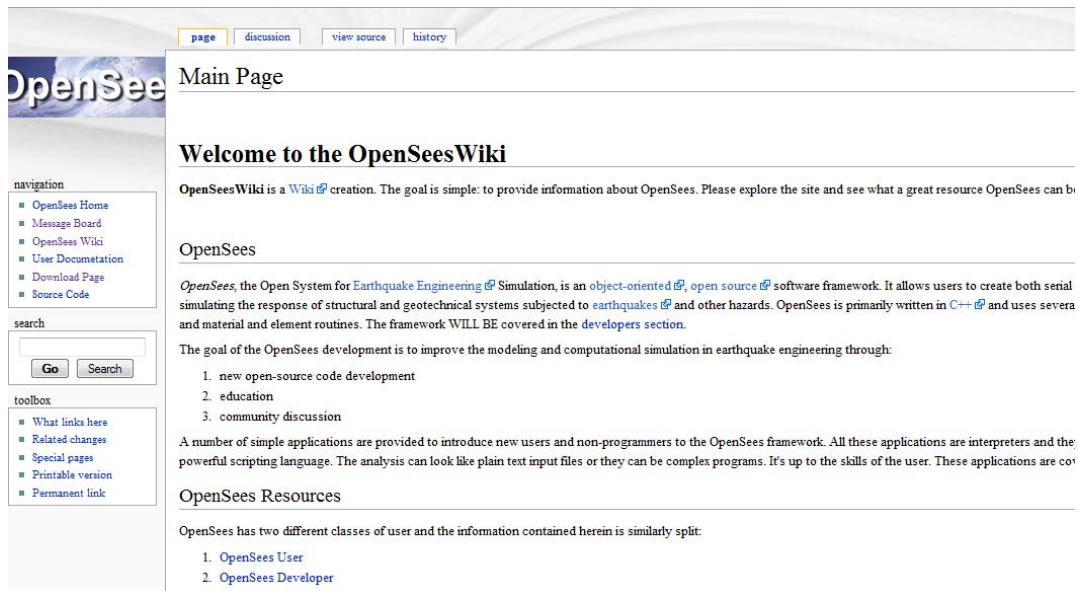
برای نرم افزار OpenSees دو نوع راهنما موجود است:

- یکی نسخه PDF راهنمای نرم افزار که در سایت مربوط به نرم افزار جهت دانلود قرار گرفته است. آخرین نسخه از این راهنما مربوط به سال ۲۰۰۷ میباشد که بعضی از موارد و مصالح و المان های جدید نرم افزار به آن هنوز اضافه نشده است. با این همه برای مطالعه موارد کلی نرم افزار و نیز استفاده از مثال های ذکر شده در آن بسیار مفید و کاربردی میباشد.



- اما نسخه راهنمای آنلاین نرم افزار OpenSees با نام OpenSeesWiki میباشد که در آدرس اینترنتی زیر قابل مشاهده است. دسترسی به تمام قسمت این راهنما و حتی آپدیت آنلاین هر بخش از آن توسط کاربران از قابلیت های بسیار خوب نرم افزار می باشد...

http://opensees.berkeley.edu/wiki/index.php/Main_Page



۴- امکانات نرم افزار OpenSees

نرم افزار opensees دارای یک آرشیو کامل از انواع رفتارهای خطی و غیرخطی در خصوص تعریف مصالح، المان های فولادی و بتنی و تعریف المان های مختلف در خصوص مدل سازی می باشد. بجز عناصری که در آرشیو موجودی می باشد، کاربر می تواند بصورت اختیاری نیز نوعی از مواد و مصالح و المان ها را برای مدلسازی خود تعریف کند. نرم افزار قادر به تحلیل انواع مدل های خطی و غیر خطی سازه ای و ژئوتکنیکی می باشد. تحلیل ها بصورت انواع تحلیل های استاتیکی و دینامیکی در حالت خطی و غیر خطی انجام میشود که معروفترین آنها بصورت زیر آورده شده است:

- تحلیل استاتیکی غیر خطی (static pushover Analysis)
- تحلیل استاتیکی سیکلی (static reversed-cyclic Analysis)
- تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی (Dynamic time-series Analysis)
- تحلیل مدل سازی تحریک یکنواخت پایه (Uniform-support Excitation)
- تحلیل مدل سازی چند تایی پایه (Multi support Excitation)

در حالت کلی به عنوان یک معرفی کلی می توان گفت که تحلیل استاتیکی به فرم $ku=R$ بدون ماتریس جرم و میرایی مطرح میشود و حل این مسأله خودش به تنهایی تحلیل استاتیکی را انجام میدهد. آنالیزهای

وابسته به زمان به دو صورت مطرح میشوند، نوع اول آنالیز وابسته به زمان با گام ثابت است و نوع دوم آنالیز وابسته به زمان با گام زمانی متغیر است. نرم افزار OpenSees قادر به مدلسازی انواع قسمت های یک المان سازه ای میباشد. می توان گفت نرم افزار فوق تمام قسمت های یک قالب سازه از هر نوعی با هر مصالحی را مدل میکند. میلگردهای موجود در سطح مقطع یک عنصر، بتن اطراف میلگردها با پوشش حداقل و حداکثر، خستگی در المان ها تحت اثر هر نوع بارگذاری، رفتار هیستریزیسی بصورت منحنی نیرو-تغییر مکان و... از جمله مسائلی هستند که نرم افزار فوق قادر به مدل کردن و تحلیل آنها میباشد.

۵- راه اندازی نرم افزار OpenSees

برای اجرای نرم افزار ابتدا لازم است که فایل های سیستمی dll نرم افزار از طریق نسخه Active TCL مربوط به همان نسخه از نرم افزار OpenSees ، روی سیستمتان نصب شود تا قادر به اجرای فایل exe نرم افزار OpenSees باشید. بهتر است که زبان رابط TCL در درایو C سیستم شما نصب شود. اما فرقی نمی کند در چه پوشه ای باشد.

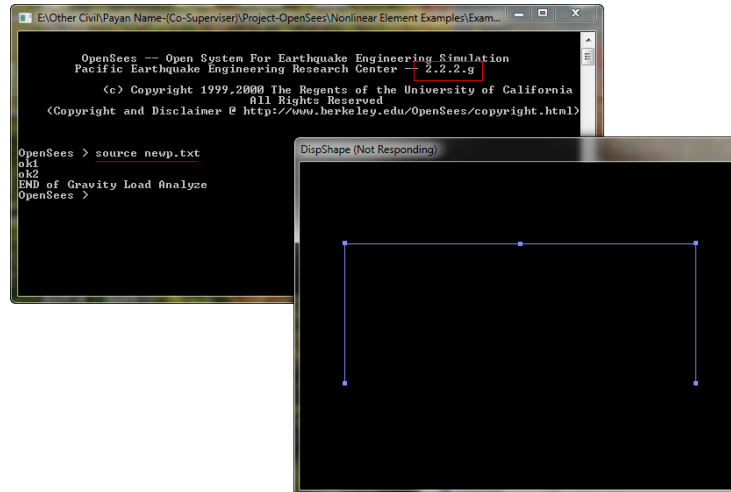
۶- بررسی عملکرد تحلیل در نرم افزار OpenSees

۶-۱- روش های نمایش و برنامه نویسی در OpenSees

OpenSees.exe محیطی شبیه به DOS دارد که می توانید تمام دستورات را با زبان TCL در این محیط بنویسید منتها عیب این روش اینست که با اینتر زدن به ای رفتن به خط بعد بلافاصله برنامه اجرا می شود برای از بین بردن این مشکل شما به دو طریق می توانید مدل و آنالیزتان را با کمک نرم افزار کد باز opensees انجام دهید:

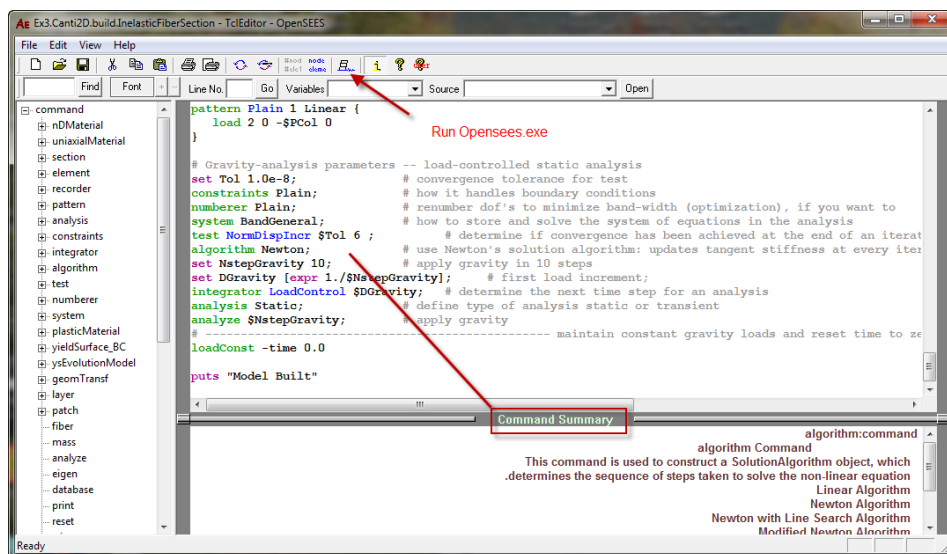
۱- دستورات مدل و آنالیزتان را در یک فایل متنی با پسوند name.txt بنویسید و از طریق فایل exe فعال شده Opensees آنرا با نوشتن دستور Source name.txt نوشته و اینتر را اجرا کنید (فایل متنی و فایل Opensees.exe در یک فولدر باشند)

برای مثال برای نمایش مدل یک قاب پرتال در Opensees.exe با فراخوانی دستورات از فایل متنی newp.txt داریم:



در حال حاضر آخرین نسخه از نرم افزار Open Sees نسخه ۲.۲.۲ این نرم افزار می باشد که از طریق وبسایت این نرم افزار به رایگان قابل دانلود میباشد.

۲- دستورات مدل و آنالیزتان را در نرم افزار کمکی TCL Editor بنویسید و با فشردن دکمه Run در Opensees در تولبار و منوی این نرم افزار رابط، می توانید به راحتی دستورات خود را اجرا کنید. علاوه بر این مزیت استفاده از TCL Editor در اینست که با بردن موس روی هر دستور تایپ شده در محیط این نرم افزار در قسمت Command Summary مروری از قابلیت های دستور و توضیحات اضافی آن از منوال نرم افزار نشان داده می شود. خروجی TCL Editor یک فایل با پسوند *.tcl است که با open with می توانید با استفاده از notepad محتویات متنی ذخیره شده درون آنرا مشاهده کنید.



نرم افزار TCL Editor رابط برنامه نویسی سریع و آسان کاربران OpenSees میباشد که برای نصب آن بهتر است در درایو ویندوزتان نصب کنید. برنامه نویسی در TCL فرمت مختص خود را می طلبد.

ادامه توضیحات از عناوین یاد شده در فهرست در جزوه پیشرفته

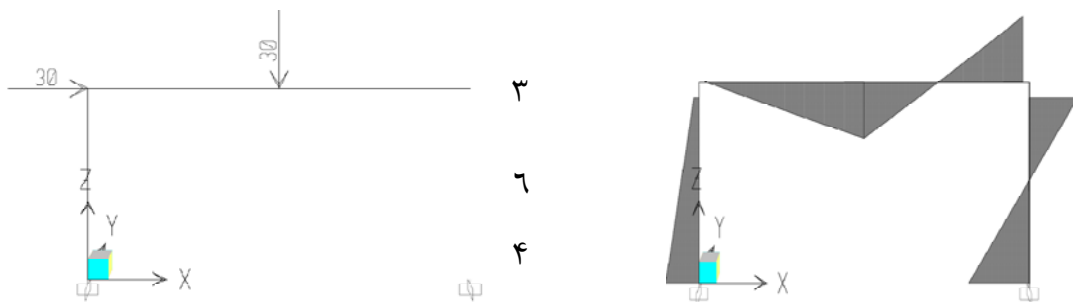
پیوست:

مثال (کد دستوری آنالیز پوش اور قاب پورتال):

قاب شکل زیر تحت بار ثقلی ۲۵ Kips و بار جانبی افزایشی میباشد . برای مقاطع تیرو ستون از مقطع W 14*53 استفاده شده است. جهت کنترل مقطع برای آنالیز مرتبه دوم الاستیک مستقیم، طول موثر و مقایسه نتایج با آنالیز دقیق توزیع پلاستیک برای ستون ۳۴ خواهیم داشت: طول تیر ۳۰ فوت و طول ستون ۱۵ فوت میباشد و بار ثقلی به وسط تیر وارد می شود..مقاومت تسلیم و مدول الاستیسیته فولاد برابر :

$$F_y = 50Ksi = 7200kips / ft^2$$

$$E = 29000kips / in^2 = 4176000kips / ft^2$$

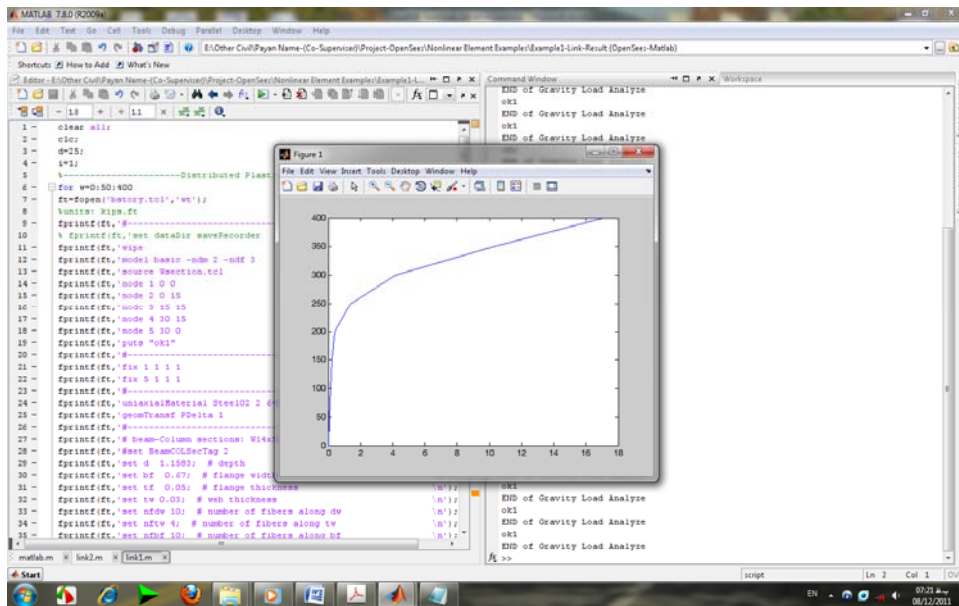


- دستورات نوشته شده در TCL Editor: دستورات و نتیجه خروجی OpenSees

مشاهده دستورات در جزوه پیشرفته

- اما برای دریافت منحنی گرافیکی خروجی و نیز استفاده از امکانات Post Processing پس پردازش مثلا برای بهینه کردن طرح و یا تغییر مداوم پارامتر و ها و بررسی منحنی تاثیرات آن و مواردی از این دست توصیه می شود از نرم افزار Matlab و به روش یاد داده شده دستورات نوشته شده با زبان TCL را با مطلب لینک کنید.همانند زیر:

مشاهده دستورات در جزوه پیشرفته



برای دریافت جزوه پیشرفته ۷۰ صفحه ای آموزش OpenSees به همراه:

- اطلاعات کامل از انواع نسخه های TCL Editor , OpenSees , نرم افزار های Pre & Post processing مثل OSP و Navigator و فیلم آموزشی لاتین کار با Navigator
 - جزوات آموزشی لاتین و فارسی و مثال ها و منوال راهنمای لاتین OpenSees
 - فیلم آموزشی لاتین از نرم افزار TCI Editor از Dr.Silvia Mazzoni
 - انواع مثال های سازه ای از نرم افزار OpenSees و انواع مقاطع آماده با پسوند tcl برای استفاده در انواع دستورات
 - + آخرین نسخه از سایر نرم افزار های اجزای محدود Perform3D v.5 و فیلم های لاتین آموزشی مرتبط با آنالیز پوش اور در نرم افزار های CSI و - IDRAC-DRAIN - Seismo Signal&Struct - EZ Frisk-Shake2000 , nonlin-Bispec
 - و سایر نرم افزار های آکادمیک تحلیل غیر خطی و اجزای محدود و اطلاعات مرتبط با آنها
- در 1DVD با عنوان آپدیت شده مجموعه ۵-۱۱ فعلی و به قیمت ۵۰ هزار تومان به وبسایت سازه ۸۰۸ مراجعه نمایید:

www.Saze808.com

برای کسب اطلاعات بیشتر می توانید با شماره مسئول فروش سازه ۸۰۸ مهندس سامان جعفری تماس بگیرید:

۰۹۳۷۱۵۵۷۳۴۲