

جزوه آموزشی پیشرفته نرم افزار کد باز OpenSees

Open System for Earthquake Engineering Simulation

مجتبی اصغری سرخی

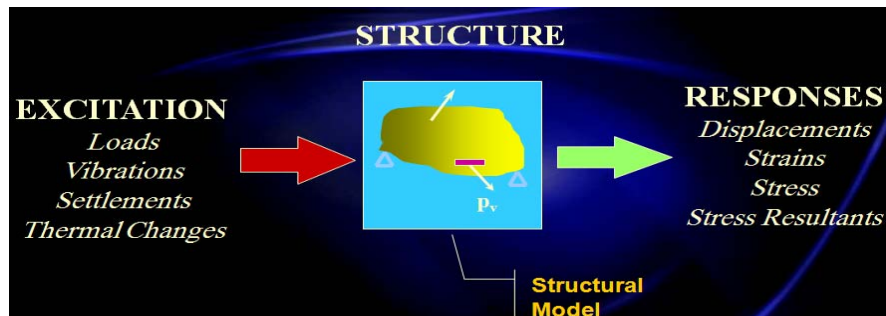
مرداد ۹۰

mojtaba808@yahoo.com

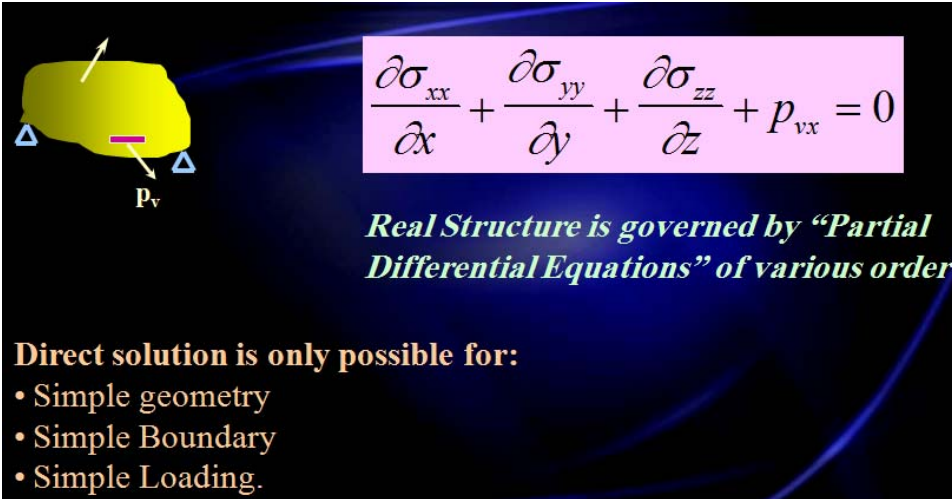
مروری بر آنالیز اجزای محدود سازه ها

Finite Element Analysis

جهت آشنایی با روند انجام آنالیز اجزای محدود در نرم افزار های سازه ای چون SAP, ETABS , OpenSees لازم است با مفاهیم پایه ای اجزای محدود و لزوم استفاده از آن آشنا شویم. در این جزوه بعد از بررسی این مفاهیم که در ساده سازی حل معادله سختی سازه و تعیین تغییر مکان نهایی سازه (همانطور که در جزوه نحوه تعیین پوش اور به کمک OpenSees اشاره شد) به کار می رود، به روش ها و گزینه های معادل سازی المان های مقاطع با مدل های ساده شده ای از المان Solid آشنا خواهید شد. همانطور که می دانیم رابطه کلی تعیین پاسخ سازه به صورت زیر میباشد:



سازه های مختلف ، در هنگام اعمال یک بار دینامیکی بینهایت درجه آزادی دارند. روش های اجزاء محدود، این سیستم با درجات آزادی نامحدود را به مدلی با تعداد درجات آزادی محدود که رفتار فیزیکی مشابهی دارند تبدیل می کند. برای حل معادلات تعادل و سازگاری علاوه بر استفاده از روش های معادلات کلاسیک، استفاده از روش اجزای محدود امکانپذیر میباشد.



$$\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + p_{vx} = 0$$

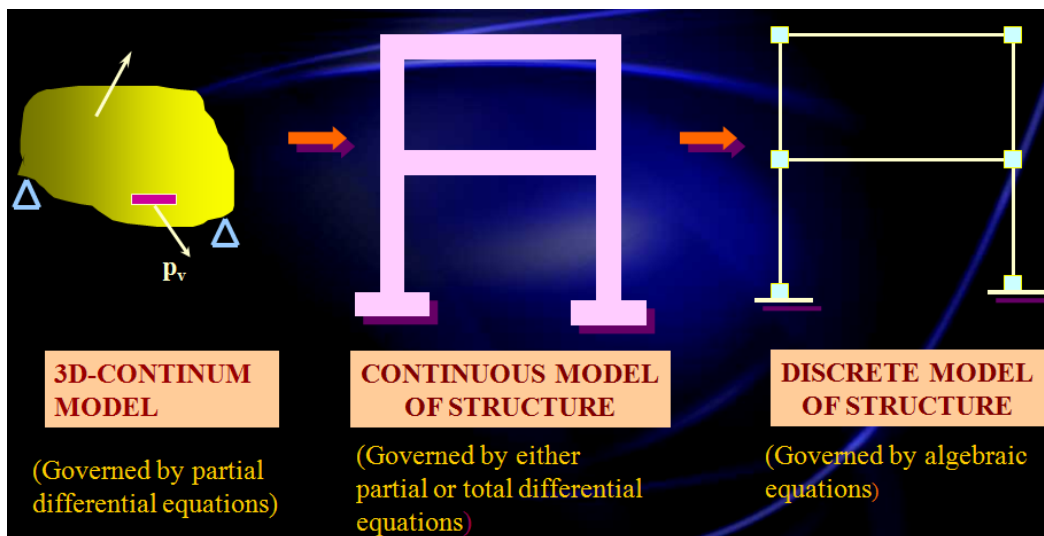
Real Structure is governed by "Partial Differential Equations" of various order

Direct solution is only possible for:

- Simple geometry
- Simple Boundary
- Simple Loading.

روش کلاسیک حل معادلات تعادل و سازگاری

در روش اجزای محدود برای مثال در حل یک قاب پس از تبدیل مساله از محیط پیوسته به گسسته، به جای حل تمام نقاط المان، المان به نقاط مجزایی تقسیم می شود و از طریق Shape Function برای نقاط بین آن ها نتایج اینترپوله می شود. از روش اجزای محدود در تحلیل غیر خطی یعنی زمانی که مصالح غیر خطی است با استفاده از روش افزایشی برای حل معادله $F = K \Delta$ استفاده می شود .



خلاصه کردن آنالیز از مدل سازی محیط پیوسته به گسسته

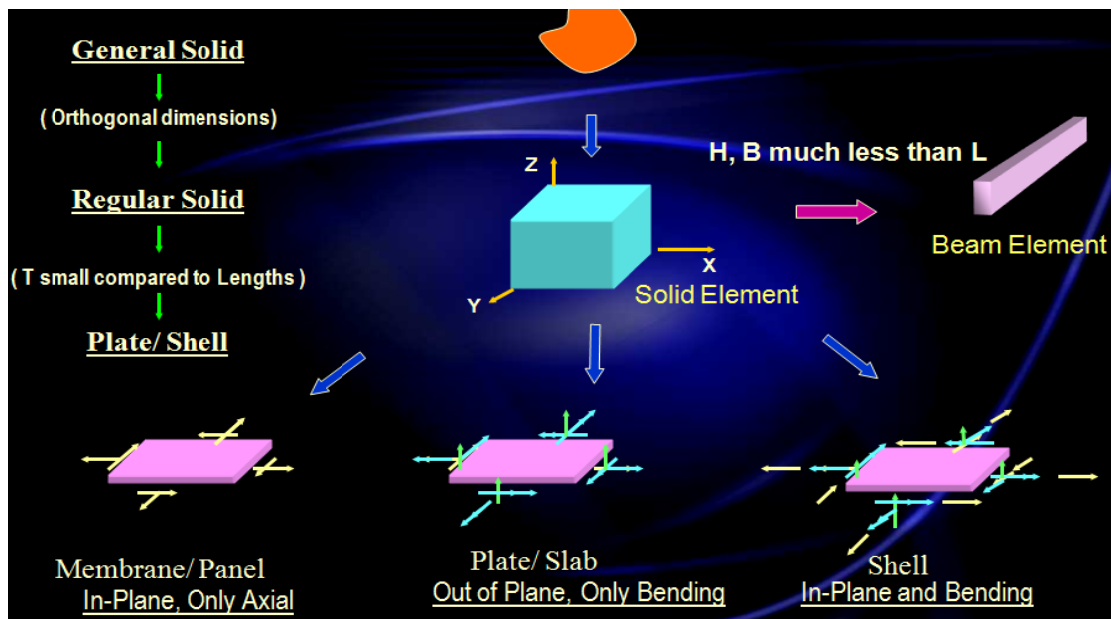
برای این منظور می توان از المان های ساده شده در اجزای محدود استفاده کرد.

به طور خلاصه انواع المان های اجزای محدود در نرم افزار OpenSees

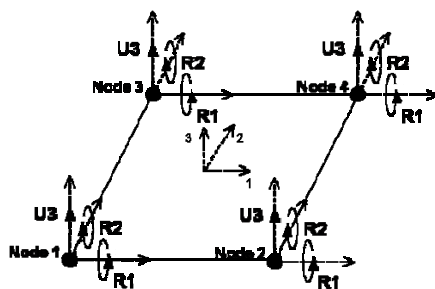
نرم افزار opensees انواع المان را در آرشیو خود پوشش می دهد. از جمله ی آنها المان چرخایی، المان تیر-ستون الاستیک، المان تیر-ستون غیر الاستیک، المان چرخایی دورانی، المان تیر با مفصل داخلی، المان های جداساز پایه، المان با طول صفر و سختی بی نهایت، المان های چهارگره ای تا بیست گره ای اجزا

محدود در حالت دو بعدی و سه بعدی، المان های شل و پلیت، المان اتصال تیر و ستون، المان مدلسازی خاک. بعضی از انواع المان های قابل استفاده در نرم افزار عبارت است از:

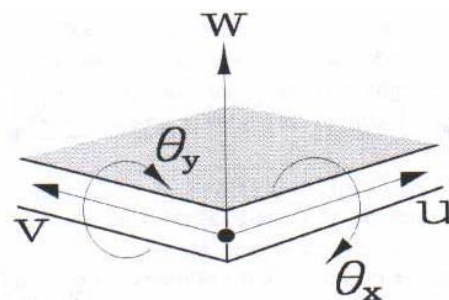
- المان تک محوری UniAxial
- المان Solid ۸-گره ای و کاملترین المان است و وقتی استفاده می شود که بخصوص خواهیم تمرکز تنش را در اعضا ببینیم . لزومی ندارد برای تمام موارد از المان مادر Solid استفاده کنیم چراکه منجر به افزایش زمان پردازش خواهد شد.
- المان های دوبعدی Plain Strain-Plain Stress - با استفاده از ساده سازی در نظر گرفتن دو درجه آزادی در چهار گره که در مسائل مرتبط با خاک مناسب ترین المان است. Plate مقاومت خمشی دارد اما membrane یا غشایی مقاومت خمشی ندارد
- المان Shell- نوع ساده شده از المان Solid میباشد که با استفاده از ساده سازی با در نظر گرفتن سه درجه آزادی در چهار گره و می توان در مواقعی که دو بعد بیشتر از بعد سوم داریم جهت ساده سازی به کار گرفت. (همانند دیوار های برشی)



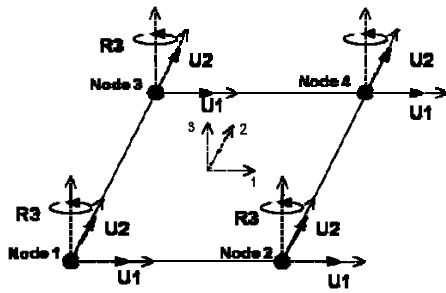
المان Plate



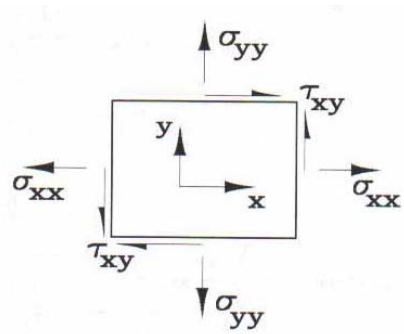
Plate



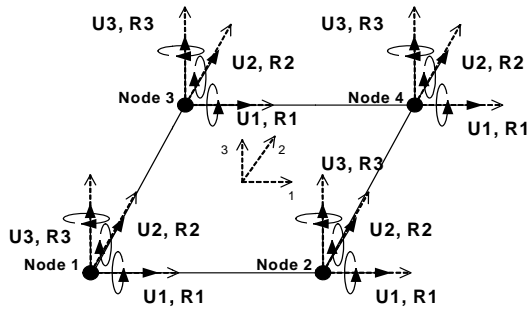
المان Membrane



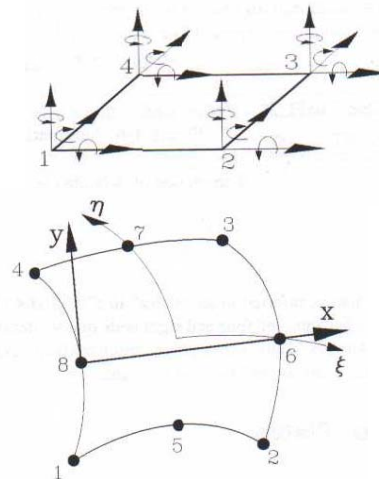
Membrane



المان Shell



Shell

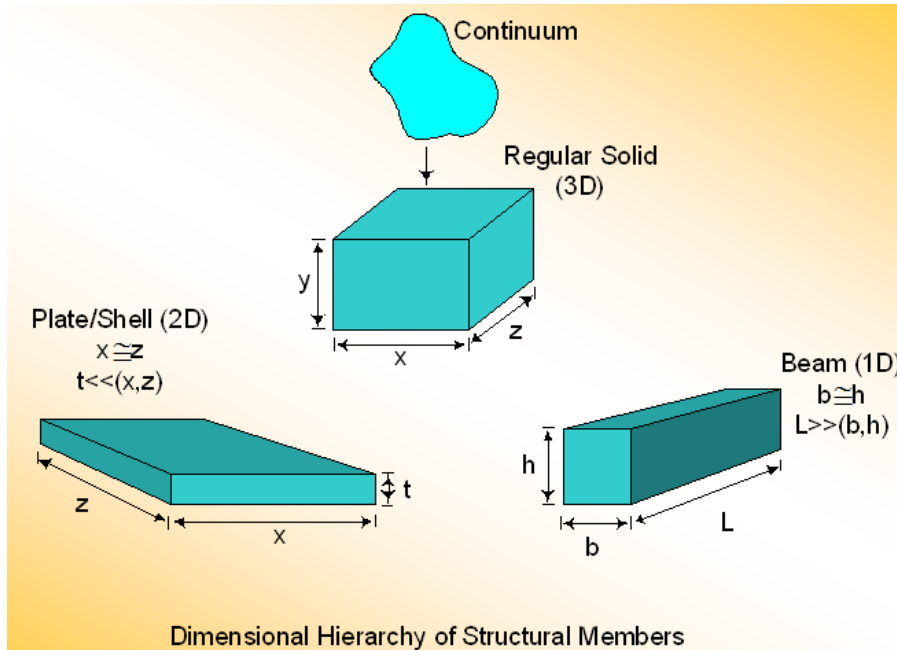


توضیحاتی در تفاوت دو المان Membrane و Shell :

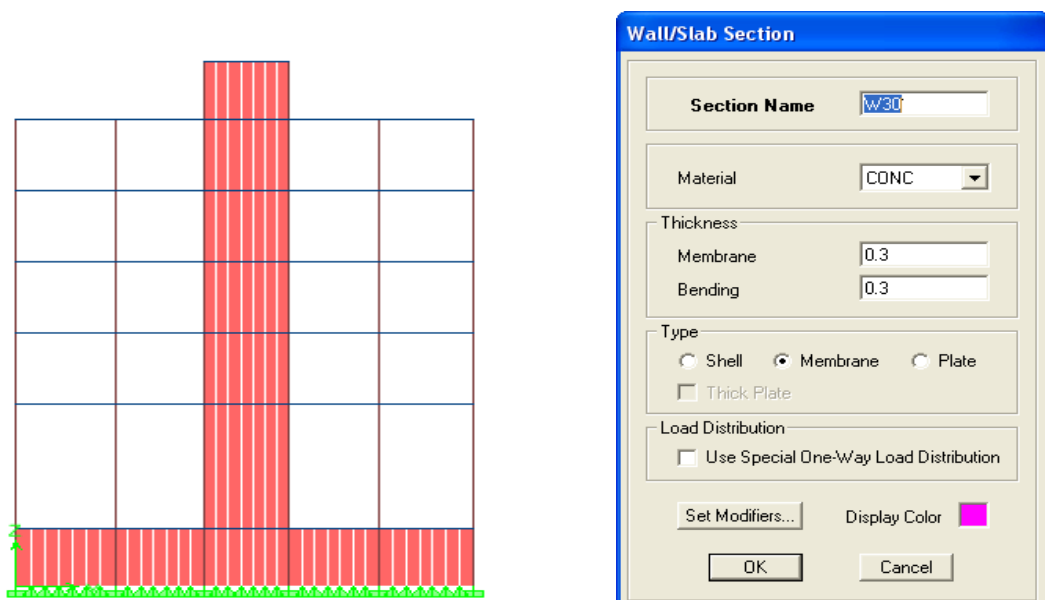
رفتار نوع المان Shell شامل سختی برشی و خمشی میباشد یعنی قادر به انتقال نیروی برشی و لنگر خمشی به اطراف خود میباشد، اما رفتار Membrane تنها شامل سختی برشیست که قادر به انتقال فقط نیروی برشی به تیر های اطراف خود میباشد.. برای مثال در مورد دیوارهای برشی در سازه از آنجا که معمولا مقطع دیوار برشی از نوع صرفا غشایی Membrane (با رفتار درون صفحه ی) معرفی میشود. دیوار برشی تنها بارهای درون صفحه خود را تحمل نموده و لنگر خارج از صفحه را تحمل نمی نماید. به عبارت دیگر دیوار در راستای طول خود عملکرد دارد و در راستای ضخامت عملکردی ندارد. با فرض این رفتار، هیچ لنگری در دیوار خارج از صفحه ای در امتداد دیوار ایجاد نمی شود، مشابه اینکه در راستای طولی دیوار مفصل شده باشد.

مثال هایی از تعریف المان های اجزای محدود در نرم افزار های SAP , ETABS :

- برای المان های تیر و ستون: از المان های Rod یا bar میله استفاده می شود در حالیکه قابلیت خوب Opensees در امکان استفاده از المان Beam یا Shell برای اعضای سازه است که بهتر است برای تمام تیر ستون و مهاربند ها از المان Beam استفاده شود.



- در تعریف دیوار برشی :



حتما میبایست جهت انجام آنالیز اجزای محدود اجزای سازه مش بندی لازم را انجام داد. در صورت عدم تقسیم بندی دیوار برشی، ارتباط دیوار با پی تنها در دو نقطه انتهایی برقرار می شود که منجر به انتقال کوپل

نیروی بزرگ به پی میشود که منجر به خطا میشود. برای ارتباط گسترده دیوار با پی و بالا بردن دقت محاسبات باید دیوارها در راستای طولی آنها تقسیم بندی شوند. برای این منظور از منوی Edit>Mesh Areas تعداد تقسیم بندی را به نحوی در راستای طولی و عرضی انجام دهید تا طول تقسیمات طولی انجام شده حداکثر ۰.۵ متر شود. هرچه شبکه بندی ریز تر باشد دقت محاسبات بالاتر خواهد رفت. برای دیوارهای برشی که مقطع آنها از نوع غشایی c باشد تقسیم بندی در راستای طولی کافیست اما برای دیوارهای برشی با مقطع پوسته ای Shell باید تقسیم بندی در راستای قائم نیز صورت گیرد.

- در تعریف فونداسیون

- در تعریف نوع المان در فونداسیون میبایست برای در نظر گرفتن هر دو نوع سختی خمشی و برشی از المان Shell استفاده کرد. برای دالها یا برای فونداسیون اندازه مناسب برای سائز مش بندی میتواند ۰.۱ ابعاد حداکثر ۰.۵ متر باشد. برای این منظور از منوی Assign>Shell Area>Area object Mesh ...>Option استفاده شود که در این قسمت میتوان از قابلیت Auto Mesh استفاده کرد.

- در تعریف انواع سقف و دال

در سقفها میتوان از نوع المان Shell و Membrane استفاده کرد به این شرط که حتما پس از انتخاب المان c برای دالها ، مش بندی مناسب هم انجام گیرد . برای Deck سقف تیرچه بلوک یا دال بتنی میتوان از Membrane استفاده نمود که Etabs از این قسمت برای محاسبه وزن سقف و محاسبه مشخصات سختی غشایی درون صفحه ای برای دیافراگم های نیمه صلب استفاده میکند.

بنابراین به طور خلاصه در اجزای محدود با استفاده از خصوصیات هندسی مصالح معادله سختی مصالح حل می شود و آنالیز الاستیک و غیر الاستیک در این قسمت خود را نشان می دهد. و با استفاده از ساده سازی هایی که در شکل زیر میبینید (به جای استفاده از المان Solid از المان های ساده شده Shell,Membrane یا Plate استفاده میکنیم) می توان سازه های سه بعدی را در کمترین زمان توسط نرم افزارهای اجزای محدود تحلیل کرد. که در این بین سرعت همگرایی نرم افزار OpenSees بیشتر از باقی نرم افزارها میباشد.

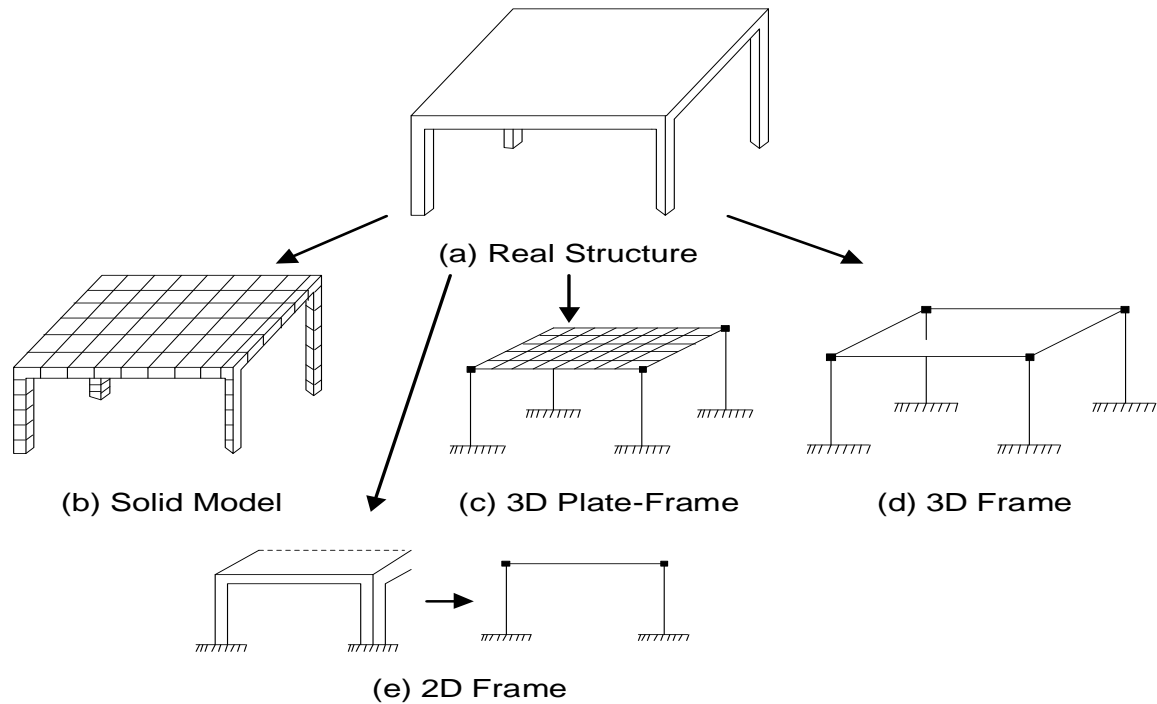


Fig. 1 Various Ways to Model a Real Structure

مرجع:

- کتب اجزای محدود و

- International Seminar on "Computer Aided Analysis and Design Of Building Structures" Naveed Anwar, Malaysi.

فهرست اطلاعات جزوه پیشرفته آموزش OpenSees:

- 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 افزارهای Pre or Post processing
 - OPS (OpenSees Post Processing) ، OpenSees Navigator ، OpenSees PL و GID
 - پیوست مثال (کد دستوری آنالیز پوش اور قاب پورتال) - حل با Matlab , Opensees Tcl

برای دریافت جزوه پیشرفته ۸۲ صفحه ای آموزش OpenSees به همراه:

- اطلاعات کامل از انواع نسخه های OpenSees , TCL Editor و نرم افزارهای Pre & Post processing مثل Navigator و OSP 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 TCL 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 افزارهای اجزای محدود Perform3D v.5 و فیلم های لاتین آموزشی مرتبط با آنالیز پوش اور در نرم افزارهای CSI و , EZ Frisk-Shake2000 - Seismo Signal&Struct - IDRAC-DRAIN - nonlin-Bispec
 - و سایر نرم افزارهای 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: